

Proyecto Fin de Carrera  
Ingeniería de Telecomunicación

# **DISEÑO DE UN ESTUDIO DE POSTPRODUCCIÓN DE AUDIO PARA CINE ACORDE AL FORMATO DOLBY DIGITAL 5.1**

Autor: Emilio Soto González

Tutor: José Ramón Cerquides Bueno

**Dpto. Teoría de la Señal y Comunicaciones  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2021





Proyecto Fin de Carrera  
Ingeniería de Telecomunicación

# **DISEÑO DE UN ESTUDIO DE POSTPRODUCCIÓN DE AUDIO PARA CINE ACORDE AL FORMATO DOLBY DIGITAL 5.1**

Autor:

Emilio Soto González

Tutor:

José Ramón Cerquides Bueno

Profesor titular

Dpto. de Teoría de la Señal y Comunicaciones

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2021





Proyecto Fin de Carrera: DISEÑO DE UN ESTUDIO DE POSTPRODUCCIÓN DE AUDIO PARA CINE  
ACORDE AL FORMATO DOLBY DIGITAL 5.1

Autor: Emilio Soto González

Tutor: José Ramón Cerquides Bueno

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2021

El Secretario del Tribunal



*A mi familia*

*A mis amigos*

*A mi abuelo*



# Agradecimientos

---

En primer lugar, me gustaría agradecerle a mi tutor José Ramón Cerquides Bueno la oportunidad que me ha brindado al aceptar este tema como proyecto y su orientación durante el mismo. Poder estudiar profundamente este tema ha sido, sin duda, una experiencia enriquecedora.

Por otro lado, quiero agradecerle a mi familia el apoyo que me han dado durante mis años estudiando y particularmente a mi madre puesto que es la que me ha tenido que aguantar en las peores rachas.

Por último, a todos los amigos con los que he compartido los días de biblioteca durante la realización de este trabajo. Samu, Josan, Juan, Migue... Sin ninguna duda habéis contribuido en la realización de este proyecto motivándome y haciéndome reír en los momentos en los que lo necesitaba.

*Emilio Soto González*

*Sevilla, 2021*



El proyecto intenta ofrecer un acercamiento al diseño de estudios de postproducción de audio para cine. Para ello, comienza introduciendo la historia del audio en el cine y el desarrollo de los sistemas de audio multicanal para continuar estudiando todos los aspectos relativos al diseño de este tipo de estudios, incluyendo las particularidades aplicables en producciones de audio multicanal. Finalmente, los conceptos estudiados son aplicados en una simulación acústica.





# Abstract

---

This project tries to be an approach to audio mixing rooms design for cinema applications. In order to do that, it begins with a little history about audio in cinema and the development of multichannel audio systems to continue studying all the topics regarding the field of mixing rooms design, including the particularities of multichannel audio productions. Finally, all these topics are applied on an acoustic simulation.

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Reseña histórica y conceptos previos	1
1.1.1. El audio en el cine y la postproducción de audio	1
1.1.2. El sonido envolvente. Del sonido estéreo al formato 5.1	2
1.1.3. Otros sistemas de audio multicanal	6
1.2. Regulación aplicable en el diseño de estudios de postproducción	9
1.3. Estructura, enfoque y objetivos del trabajo	10
<b>2. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE ESTUDIOS DE POSTPRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
2.1. Modelos arquitectónicos	11
2.1.1. Salas tipo RFZ	11
2.1.2. Salas tipo <i>Non-environment</i>	12
2.1.3. Salas tipo LEDE	13
2.1.4. Dimensiones de la sala	13
2.1.5. Resumen de ventajas e inconvenientes en cada diseño	14
2.2. Parámetros acústicos	15
2.2.1. Sonido directo	15
2.2.2. Primeras reflexiones	15
2.2.3. Tiempo de reverberación	17
2.2.4. Respuesta operacional de la sala	19
2.2.5. Nivel de escucha	20
2.2.6. Ruido de fondo	20
<b>3. DOLBY DIGITAL 5.1</b>	<b>22</b>
3.1. Requerimientos acústicos	22
3.1.1. Nivel de escucha	22
3.1.2. Tiempo de reverberación	24
3.1.3. Respuesta operacional de la sala	25
3.1.4. Ruido de fondo	25
3.2. Equipamiento necesario	25
3.2.1. Altavoces	25
3.2.2. Mesa de mezclas	25
3.2.3. Proyector	26
3.2.4. Herramientas software	27

3.3. La mezcla	28
3.3.1. Ecualización	29
3.3.2. Compresión	30
3.3.3. Reverberación	31
3.3.4. Formas de abordar una mezcla 5.1	31
<b>4. DISEÑO TEÓRICO DEL ESTUDIO</b>	<b>33</b>
4.1. Diseño arquitectónico	33
4.2. Diseño acústico	34
4.2.1. Tiempo de reverberación	34
4.2.2. Nivel de escucha	37
4.2.3. Respuesta operacional de la sala	40
4.3. Equipamiento propuesto	42
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>43</b>
 <b>ANEXOS:</b>	
<b>A) HOJAS TÉCNICAS</b>	<b>45</b>
 <b>REFERENCIAS</b>	<b>70</b>
<b>ÍNDICE DE CONCEPTOS</b>	<b>72</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>73</b>

# Notación

---

$A^*$	Conjugado
c.t.p.	En casi todos los puntos
c.q.d.	Como queríamos demostrar
■	Como queríamos demostrar
e.o.c.	En cualquier otro caso
e	número e
Re	Parte real
Im	Parte imaginaria
sen	Función seno
tg	Función tangente
arctg	Función arco tangente
sen	Función seno
$\sin^x y$	Función seno de x elevado a y
$\cos^x y$	Función coseno de x elevado a y
Sa	Función sampling
sgn	Función signo
rect	Función rectángulo
Sinc	Función sinc
$\partial y \partial x$	Derivada parcial de y respecto
$x^\circ$	Notación de grado, x grados.
$\Pr(A)$	Probabilidad del suceso A
SNR	Signal-to-noise ratio
MSE	Minimum square error
:	Tal que
<	Menor o igual
>	Mayor o igual
\	Backslash
$\Leftrightarrow$	Si y sólo si





# 1 INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 Reseña histórica y conceptos previos

### 1.1.1 El audio en el cine y la postproducción de audio

Aunque el cine “mudo” nunca existió per sé<sup>1</sup>, fue con la llegada del habla al cine con películas como *Don Juan* (1926) o *The Jazz Singer* (1927) cuando los grandes estudios de Hollywood se percataron de la fuerza del audio en la gran pantalla, de manera que a partir de los años 30 se comenzó a incorporar el audio correspondiente a diálogos, música y efectos de sonido de manera casi normativa.

Inicialmente, el sonido se acoplaba mediante gramófonos reproduciendo el sonido de forma sincronizada con la imagen (*Vitaphone*). Aunque este sistema introdujo mejoras en términos de amplificación y fidelidad del sonido, contaba con importantes aspectos por mejorar tales como la degradación que sufrían las grabaciones tras sucesivas reproducciones o la inexacta sincronización con la que contaba el sistema. Con el paso del tiempo, se comenzó a utilizar el *Magnetófono* para la inclusión del audio dentro del propio filme, grabándose el mismo en una cinta lateral dentro de la cinta de imágenes (de ahí el nombre “Banda Sonora”).

De este modo, se fue asimilando la importancia del audio en el cine, así como la necesidad de edición sobre el mismo, impulsándose su desarrollo y surgiendo nuevos sistemas de grabación y tratamiento de audio tales como la grabación multipista o la edición de audio digital.

La postproducción de audio es el proceso por el cual se obtiene la mezcla de audio final para una obra audiovisual, ya sea para cine, televisión o en el ámbito musical. Grosso modo, la postproducción de audio podría dividirse en dos partes principales: la **edición** y la **mezcla**<sup>2</sup>. En la primera etapa se escogen qué sonidos se van a escuchar (banda sonora), pudiendo ser sonidos provenientes de la grabación en directo de una escena o, en caso de que sea necesario, sonidos “a medida” grabados en estudio<sup>3</sup>. Por norma general, primero se fijan los diálogos, seguidos de los efectos *foley* (sonidos como pasos, puertas, tormentas...) y por último los efectos de sonido adicionales y banda sonora. Tras la edición, se continúa con la mezcla, proceso por el cual se combinan todos los elementos sonoros con el fin de obtener un producto final “compacto”, es decir, que se entienda como una unidad clara y que acompañe de forma natural a la imagen. Este trabajo combina elementos técnicos y artísticos, puesto que se necesita tener conocimientos específicos de tratamiento de audio (ecualización, compresión...), así como la capacidad de dirigir dicho trabajo técnico de manera que la mezcla final acompañe y refuerce el significado que el director quiere darle al filme.

Con el fin de normalizar el trabajo de postproducción de audio en el cine y de salvar las numerosas limitaciones técnicas de la época, la Academia de Artes y Ciencias Cinematográficas desarrolló la “*Curva de la Academia*” (1938). Esta curva se trataba de una ecualización estándar a usar por todos los ingenieros de mezcla, de forma que todas las grabaciones tendrían siempre características muy similares independientemente del cine en el que se reprodujeran. Pese a que dicha estandarización se consiguió, también supuso un freno a cualquier posibilidad de innovación en el aspecto sonoro durante las décadas siguientes y no fue hasta los años 70 que, de la mano de Dolby Laboratories, se desarrolló la Curva X, dando lugar a una clara mejora en la calidad del audio.

---

<sup>1</sup> Muchas películas previas a 1920 iban acompañadas de música en directo. Por ejemplo, las primeras proyecciones cinematográficas realizadas por los hermanos Lumière en torno al año 1895 iban acompañadas de piano. Con el paso del tiempo, llegó a incluirse el nombre del músico que acompañaba la proyección en el programa de mano del evento, reconociéndole así su labor.

<sup>2</sup> Siendo estrictos, la postproducción de audio se divide en: edición, montaje sonoro, mezcla y masterización. No obstante, para las ideas que expondremos en el presente documento nos bastará con entender los dos pasos arriba expuestos.

<sup>3</sup> Particularmente, el proceso de grabación de diálogos en estudio es conocido como ADR (*Automated Dialogue Replacement*).

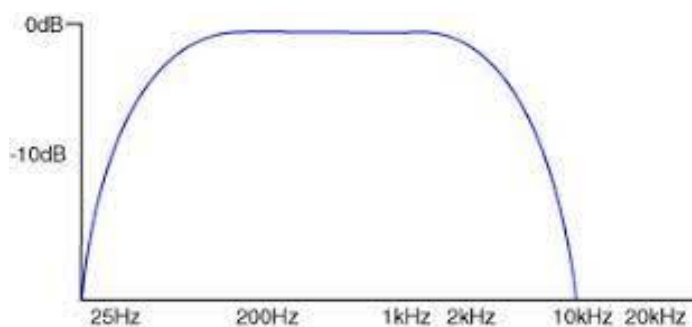


Figura 1.1. Curva de la Academia. Ofrece una respuesta plana entre los 100Hz y 1,6kHz, 7dB de atenuación en los 40Hz y 10dB en los 5kHz.

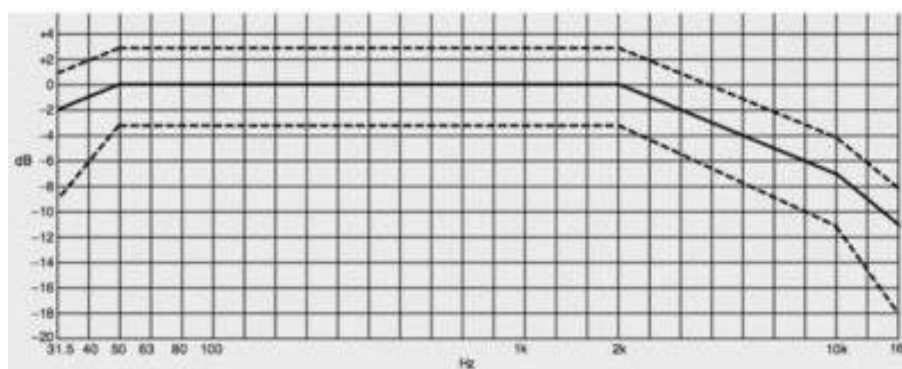


Figura 1.2. Curva X. Dados los avances tecnológicos, los sistemas no necesitaban descartar un rango tan amplio de frecuencias como se hacía con la Curva de la Academia.

### 1.1.2 El sonido envolvente. Del sonido estéreo al formato 5.1

Los sistemas de audio envolvente son aquellos que enriquecen la calidad sonora mediante la adición de nuevos canales a reproducir, buscando de esta forma ofrecer un sonido 360° en el plano horizontal teniendo como centro al espectador. A estos sistemas también se les suele llamar **sistemas multicanal**.

Fue en el año 1930, de mano de los ingenieros de Bell Labs, cuando se introdujo el primer sistema de audio estéreo. Este contaba con tres altavoces, cada uno dedicado a un canal: el izquierdo, el central y el derecho. Aunque los resultados obtenidos fueron bastante fructíferos, llegaron a la conclusión de que dicho sistema estereofónico de tres canales tan sólo llegaba a ser una pequeña aproximación al resultado ideal que se obtendría con infinitos altavoces.

Transcurridos diez años, los estudios Disney decidieron incorporar un sistema *surround* (sonido envolvente) al estéreo frontal de Bell Labs. Así surgió el sistema *Fantasound*, aplicado por primera vez en la película *Fantasia* (1940) y ofreciendo tres pistas de audio (resultantes de un total de 8 pistas grabadas) más una de control. En un artículo publicado en el *Journal of the Society of Motion Pictures Engineers* en 1941, el ingeniero de sonido, William Garity<sup>4</sup>, declaró que *Fantasound* ofrecía una buena solución a las principales deficiencias de los sistemas de audio en el cine de la época: el limitado rango de volumen disponible y el hecho de lo estático que permanecía el sonido con respecto al espectador. Y es que el sistema desarrollado por Disney usaba entre 30 y 80 altavoces repartidos por la sala (en función del equipamiento disponible en cada cine) y se servía de la pista de control antes mencionada para ajustar la ganancia de los distintos amplificadores que alimentaban los altavoces, dando lugar a la sensación de que el sonido se desplazaba por la sala además de ofrecer un volumen fuerte y un amplio rango dinámico. Aunque *Fantasound* fue aclamado por la crítica, debido a diversos factores como el coste económico o el tiempo que requería instalarlo, dicho sistema no llegó a expandirse demasiado. De hecho, la película *Fantasia* tuvo que remezclarse en sonido monofónico para que se pudiera reproducir en sistemas convencionales.

<sup>4</sup> En 1942, Garity compartió un Oscar Honorífico con Walt Disney y John Hawkins NA por su contribución al desarrollo del audio en el cine con la producción de *Fantasia*.



Pese a que se sucedieron numerosos avances en el campo del sonido en el cine, el alto coste de los sistemas propuestos frenó su éxito. Fue por esto que entre los años 1955 y 1975, predominó el desarrollo de sistemas para el hogar<sup>5</sup>. No fue hasta mediados de los 70 cuando el cine comenzó a experimentar otra serie de grandes avances, particularizando en el campo del sonido la aparición del formato **Dolby Estéreo**.

El sistema de la compañía estadounidense conseguía entregar cuatro canales de audio contenidos en dos pistas mediante el uso de matrices compuestas por las relaciones de amplitud y fase entre los canales. El resultado obtenido fue altamente satisfactorio, ampliando el rango de frecuencias reproducibles, así como el rango dinámico.

En la producción de *Star Wars* (1977), el personal de Dolby detectó que el *headroom* de baja frecuencia en las salas de cine del momento era demasiado bajo como para reproducir gran parte de los efectos de sonido de la película. Debido a esto añadieron un quinto canal al sistema Dolby Estéreo, dedicado a las bajas frecuencias. Meses después, se estandarizó el uso de un *subwoofer* dedicado a dichas frecuencias tras el estreno de *Encuentros en la tercera fase* (1978) y en 1980, con el estreno de *Superman II*, se dio por primera vez la separación del canal surround en dos, dando lugar a un sistema 5.1 tal y como es conocido hoy en día.

A finales de los 80, los organismos encargados de crear los estándares de la industria (AES, ITU, EBU, MPEG, SMPTE...) <sup>6</sup> acordaron la denominación del sistema 5.1 como el estándar de sonido envolvente a aplicar en las nuevas producciones cinematográficas con audio digital. Dicho sistema contaba con tres canales frontales: izquierdo, central y derecho; dos canales surround (derecho e izquierdo) y un canal dedicado a las bajas frecuencias (LFE, *Low Frequency Effects*).

Los sistemas de audio 5.1 han ido expandiéndose hasta tal punto que a día de hoy es muy común encontrarlos en los hogares. Debido a su tendencia creciente y con el fin de establecer un sistema universal de sonido estereofónico multicanal, la ITU-R desarrolló su Recomendación BS.775 en el año 1992, datando su última revisión del año 2012. En la misma, la ITU expone la disposición que deben tener los altavoces de referencia (ver Figura 1.3):

- los altavoces frontales izquierdo y derecho deben encontrarse en los extremos de un arco de 60° sobre un círculo cuyo centro es el punto de escucha de referencia (el lugar donde se supone que estará el espectador).
- los altavoces laterales/posteriores deben colocarse en el interior de los sectores comprendidos entre 100° y 120° a partir del altavoz frontal de referencia. Estos altavoces no deben encontrarse más próximos al oyente que los altavoces frontales, a menos que se introduzca un retardo de tiempo de compensación.
- el centro acústico de los altavoces frontales debe emplazarse idealmente a una altura aproximadamente igual a la de los oídos del oyente. Ello supone una pantalla transparente desde el punto de vista acústico. Cuando se utiliza una pantalla no transparente acústicamente, el altavoz central debe situarse inmediatamente arriba o abajo de la imagen. La altura de los altavoces laterales/posteriores no es tan crítica.

En el mismo documento, se aclara que las siglas LFE a menudo podrán ser referidas como *Low Frequency Enhancement*. Debido a las características de diseño de los sistemas de audio multicanal, así como el hecho de que muchas emisiones carecen del canal LFE, es preferible concebir dicho canal como una mejora a los 5 canales de referencia y no como una pieza fundamental. Es por esto que la ITU-R no menciona un lugar específico para la localización del *subwoofer*.

---

<sup>5</sup> Cabe destacar la llegada del sonido estéreo a los hogares y su gran expansión ligada al desarrollo del LP estéreo, los casetes, la radio FM estéreo y los CD's.

<sup>6</sup> Del inglés: *Audio Engineering Society, International Telecommunication Union, European Broadcasting Union, Moving Pictures Expert Group, Society of Motion Picture and Television Engineers.*

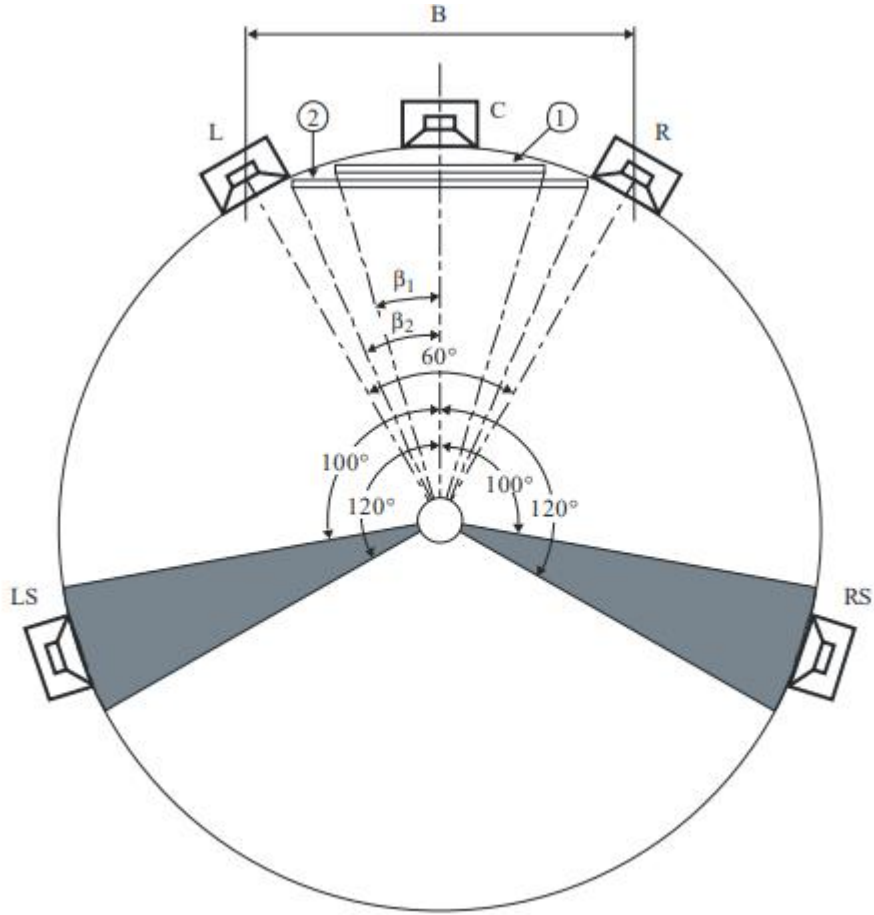


Figura 1.3. Disposición de los altavoces de referencia en un sistema 5.1 según la Recomendación ITU-R BS.775

Otro aspecto importante es la retrocompatibilidad de los sistemas 5.1 con las emisiones 2.0 (estéreo). Ante la necesidad de “ampliar” dos canales a cinco, la ITU proporciona ciertas indicaciones a partir de las cuales se han desarrollado múltiples algoritmos de multicanalización de señales que, implementados en procesadores de audio, consiguen resultados realmente positivos.

Este es el caso, por ejemplo, del algoritmo propuesto por los investigadores Carlos Avendaño y Jean-Marc Jot, quienes analizan la señal original en el dominio de la frecuencia usando la STFT (*Short Time Fourier Transform*) de los canales L y R emitidos.

Para la obtención del **canal central**, primero se calcula la función de coherencia intercanal definida por:

$$\varphi_{ij}(m, k) = (1 - \lambda)\varphi_{ij}(m - 1, k) + \lambda X_i(m, k)X_j^*(m, k)$$

$$\varphi(m, k) = \frac{|\varphi_{12}(m, k)|}{[\varphi_{11}(m, k)\varphi_{22}(m, k)]^{1/2}}$$

Donde:

- $X_i$  y  $X_j$  representan la STFT de cada canal de la señal original.
- $\lambda$  es un factor de olvido para obtener un sistema causal.
- $m$  y  $k$  son el tiempo y la frecuencia, respectivamente.

Tras esto, se toma un  $\lambda$  igual a uno y se calcula la función de similitud mediante:

$$\psi_{ij}(m, k) = \varphi_{ij}(m, k) \mid \lambda = 1$$

$$\psi(m, k) = 2 \frac{|\psi_{12}(m, k)|}{[\psi_{11}(m, k)\psi_{22}(m, k)]}$$

Después tendrá que hallarse el coeficiente de paneo, definido como:

$$\Psi(m, k) = 1 - \psi(m, k)$$

Y una ventana Gaussiana usada para evitar cambios abruptos al modificar la STFT, centrada en el índice de paneo deseado (que será igual a 0 para el caso del canal central):

$$\Theta(\Psi) = v + (1 - v)e^{\left(\frac{-1}{2\xi}\right)(\Psi - \Psi_0)^2}$$

En la expresión anterior:

- $\Psi_0$  es el índice de paneo deseado (0 para el cálculo del canal central).
- $\xi$  controla el ancho de la ventana.
- $v$  es el valor mínimo de la función para que la STFT no sea cero y se eviten cambios abruptos.

Por último, el canal central se obtendrá aplicando la ventana a la suma de los componentes derecho e izquierdo:

$$S_u(m, k) = \Theta[\Psi(m, k)][X_1(m, k) + X_2(m, k)]$$

Y calculando la ISTFT (*Inverse Short Time Fourier Transform*) de la señal obtenida.

Por otro lado, para extraer los **canales envolventes**, se define el índice de ambiente como:

$$\Phi(m, k) = 1 - \varphi(m, k)$$

Donde las regiones con poca coherencia tienen valores cercanos a uno, indicando la presencia del ambiente de la grabación y las regiones con alta coherencia tienen un índice de ambiente cercano a cero.

Se busca conseguir que las zonas con un índice de ambiente alto no se modifiquen y atenuar las zonas con un índice de ambiente bajo. Una función que permite realizar esto y que además es de transición suave, por lo que evitamos cambios abruptos en el espectro, es:

$$\Gamma(\Phi) = \left(\frac{\mu_1 - \mu_2}{2}\right) \tanh\{\sigma\pi(\Phi - \Phi_0)\} + \left(\frac{\mu_1 + \mu_2}{2}\right)$$

En la que:

- $\Phi_0$  define desde qué valor de índice de ambiente se considera como parte de los efectos.
- $\mu_1$  y  $\mu_2$  definen el rango de salida de la función.
- $\sigma$  permite modificar la pendiente de la función.

Finalmente, la función  $\Gamma(\Phi)$  modifica la STFT de los canales izquierdo y derecho:

$$A_i(m, k) = X_i(m, k)\Gamma[\Phi(m, k)]$$

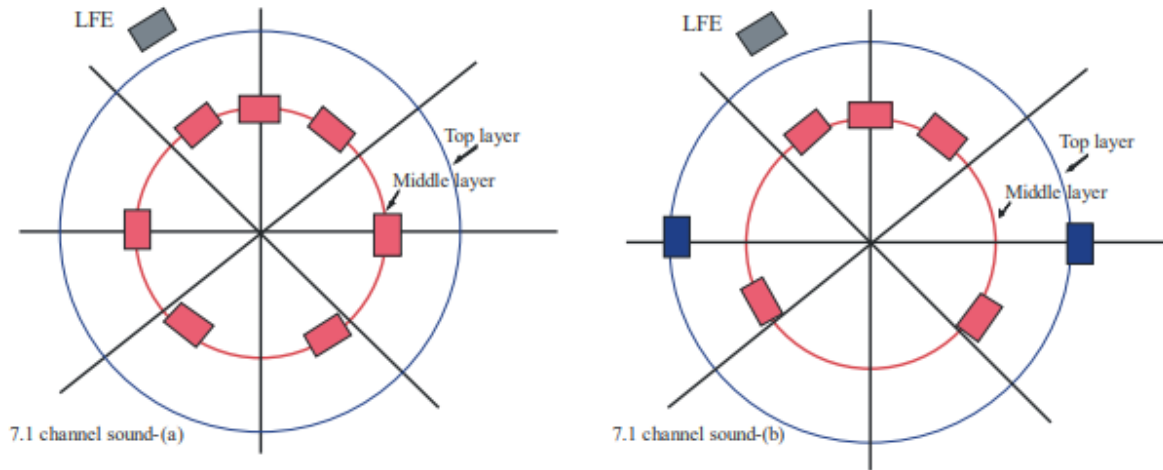
Y al encontrar la ISTFT de  $A_1$  y  $A_2$  se obtienen los dos canales envolventes.

### 1.1.3 Otros sistemas de audio multicanal

#### **Dolby Digital 7.1**

Este sistema añade dos canales surround más al sistema Dolby Digital 5.1. Puede encontrarse en los formatos Blu-Ray y HD DVD.

Aunque no existe una normativa específica para sistemas 7.1, en la Recomendación ITU-R BS.2159 se ilustran algunas posibles configuraciones para este tipo de sistemas. Por su parte, Dolby pone a disposición de los usuarios una serie de documentos titulados *Home Theater Speaker Guide* en los que también se indica una configuración recomendada para los altavoces en un sistema 7.1.



**Figura 1.4.** Posibles configuraciones propuestas para un sistema 7.1 en la Recomendación ITU BS.2159.

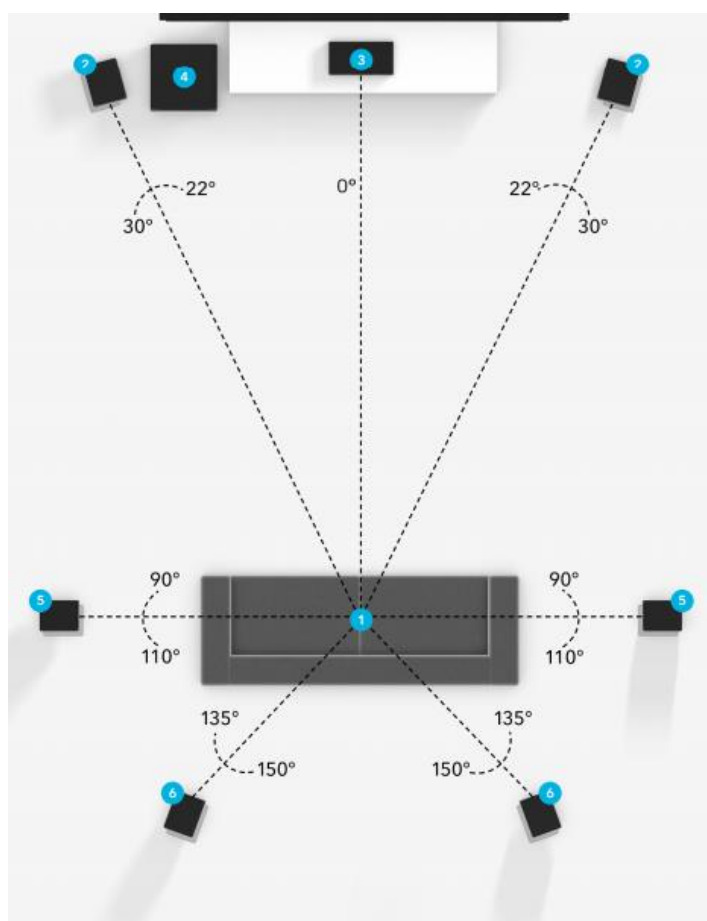


Figura 1.4. Configuración recomendada para sistemas 7.1 en el documento *Home Theater Speaker Guide* de Dolby Laboratories.

### **SDDS (Sony Dynamic Digital Sound)**

Sistema desarrollado por Sony que dispone de cinco canales frontales, dos canales surround y uno de efectos de baja frecuencia. Este sistema no ha llegado a extenderse en el ámbito doméstico y su uso se limita a ciertas reproducciones cinematográficas, mayoritariamente en las producciones de Columbia Pictures, propiedad de Sony.

### **Dolby Atmos**

Es el último sistema desarrollado por Dolby y el más inmersivo hasta la fecha.

Dado que los sistemas anteriores como el 5.1 o el 7.1 tan sólo añaden dos y cuatro zonas de uso inmersivo, por mucho que se aumente el número de altavoces (como en una sala de cine) el audio que recibe cada altavoz de una misma zona es el mismo. Ante esto, el sistema Atmos aumenta el número de zonas mediante el uso de 128 canales a repartir entre hasta un máximo de 64 altavoces (dependiendo de las instalaciones en la sala), pudiendo configurarlo de manera que un altavoz sea una única zona (es decir, un único sonido). Además, añade altavoces en el techo y mejora la calidad del audio mediante el uso de un procesador dedicado (RMU<sup>7</sup>), que ecualiza la salida para cada altavoz individualmente.

De forma previa a su instalación en una sala de cine, las dimensiones de la misma y la ubicación exacta de los altavoces son cargadas en la memoria del RMU. El procesador también se encarga de transmitir metadatos de panoramización y de niveles para que la “remezcla” de cada sala suene lo más parecido a la que se obtuvo en el estudio.

<sup>7</sup> Rendering and Mastering Unit.

Para repartir los 128 canales de audio, se conceden 10 canales para formar un sistema 9.1 tradicional o, en su lugar y dependiendo de las instalaciones disponibles, 8/6 canales para un 7.1/5.1. Los canales restantes se reservan para uso inmersivo.

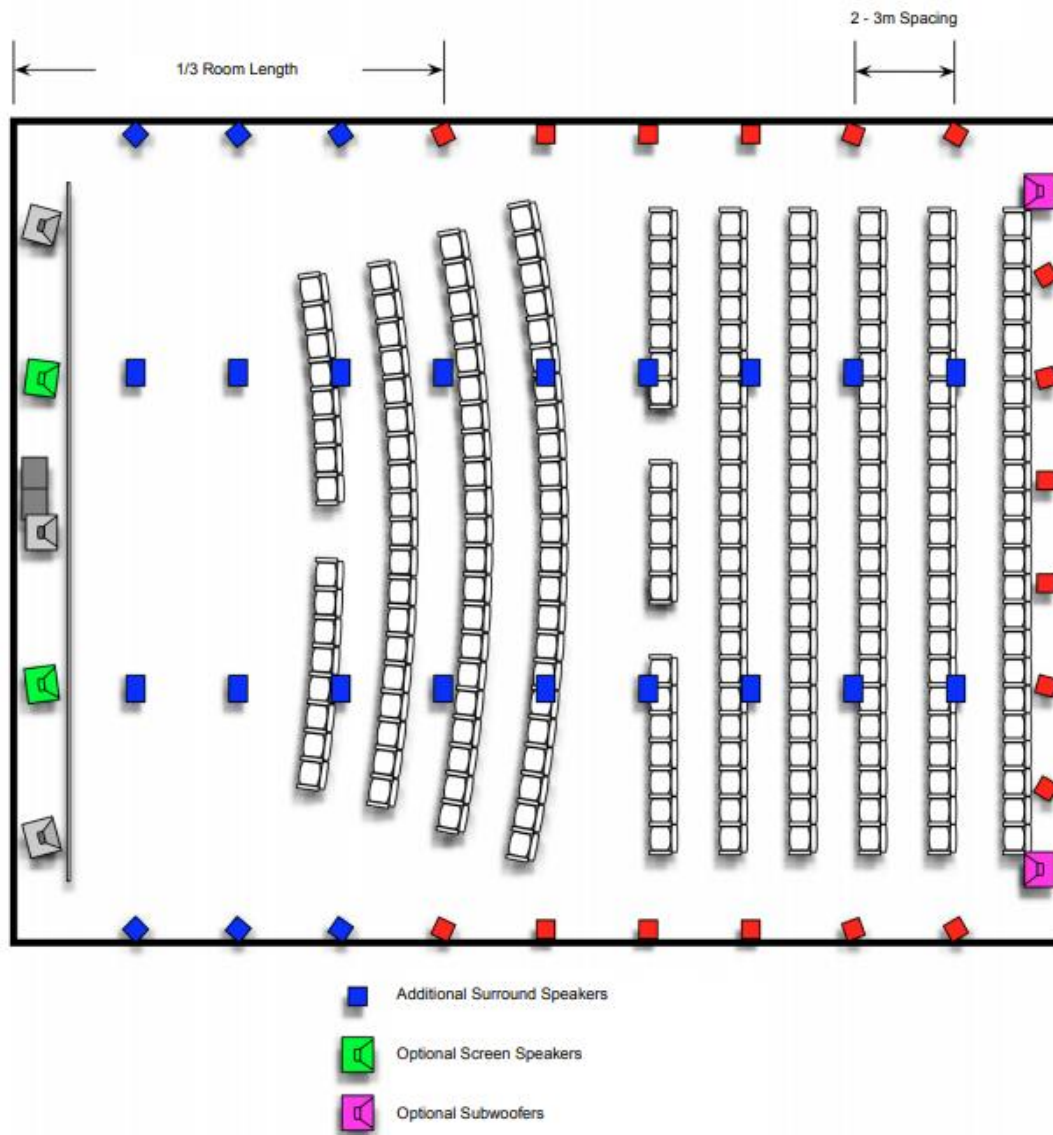


Figura 1.5. Configuración recomendada para los altavoces en *Dolby Atmos*. Los altavoces en gris y rojo hacen referencia a los ya existentes en la sala.

Al sistema 9.1/7.1/5.1 troncal, Dolby asigna las llamadas “camas” (ver Figura 1.6), que se corresponden con la música, algunos efectos y cualquier sonido en general cuya localización exacta no sea un factor importante. Por el contrario, a los canales inmersivos se les asignan los llamados “objetos”, que serán los elementos que sí requerirán de una localización específica, para lo cual el procesador utilizará los metadatos de panoramización de la mezcla.

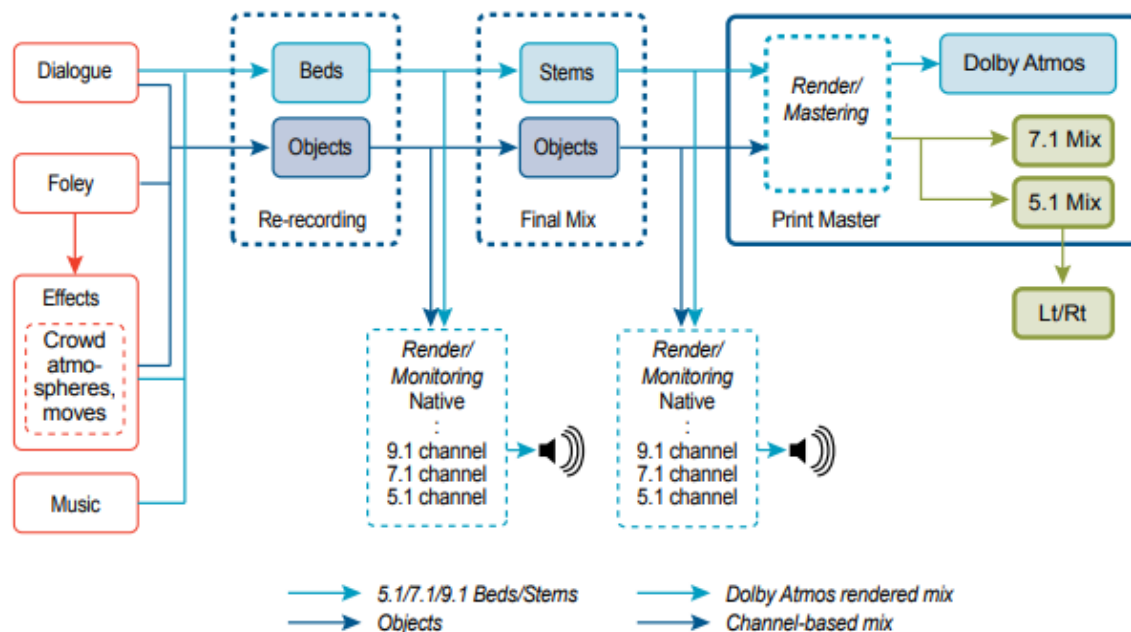


Figura 1.6. Flujo de audio en Dolby Atmos.

## 1.2 Regulación aplicable en el diseño de estudios de postproducción

Como mencionábamos al principio, la postproducción de audio se podría separar en los procesos de edición y mezcla. Aunque para la primera parte del proceso basta con disponer de un entorno con acústica controlada y equipamiento profesional (monitores, mesas de mezcla, DAW<sup>8</sup>...), para el proceso de mezcla los requerimientos son algo más específicos y más aún si se pretende hacer mezclas en audio multicanal.

El organismo europeo de normalización en términos de diseño de estudios de postproducción es la EBU, la cual a su vez se apoya en Recomendaciones de la ITU y la SMPTE. En particular, la norma EBU TECH3276 y su primer suplemento son las más relevantes en este campo de estudio, sirviéndose principalmente de la Recomendación ITU-R BS.775, la ITU-R BS.1116 y la RP200 de la SMPTE.

Por su parte, el sector privado ha mantenido a lo largo de la historia una fuerte actividad en la investigación y desarrollo de los sistemas de audio. Cabe mencionar el caso de Dolby Laboratories, cuyo trabajo ha sentado las normas en cuanto a sistemas de audio para cine (así como de sistemas para el hogar) y el cual, hasta el año 2021, disponía de sus propias certificaciones para distintos establecimientos, desde salas de cine hasta estudios de postproducción. En su proceso de certificación para estudios de postproducción, Dolby tomaba como normas de referencia la ISO-2969<sup>9</sup> para la respuesta frecuencial de los altavoces a utilizar y la ISO-9568 para las mediciones de ruido de fondo.

A principios del año 2021, Dolby Laboratories cesó su sistema de certificación de salas (salvo para el formato Dolby Atmos). No obstante, sigue siendo una de las mayores empresas de referencia en sistemas de audio y mantiene su labor de asesoramiento para todo establecimiento que desee cumplir con los parámetros que recomienda la marca.

<sup>8</sup> Del inglés *Digital Audio Workstation*.

<sup>9</sup> Del inglés *International Organization for Standardization*.

### 1.3 Estructura, enfoque y objetivos del trabajo

En el presente documento pretendemos trabajar sobre los conceptos a tener en cuenta en el diseño de estudios de postproducción de audio, particularmente enfocados a trabajar con audio multicanal (5.1) para cine.

Para ello, y obviando el primer capítulo introductorio, podríamos dividir el proyecto en las siguientes partes:

- En primer lugar, trataremos los aspectos generales a tener en cuenta para cualquier tipo de estudio. Aquí mostraremos algunos modelos arquitectónicos usados habitualmente, así como los parámetros acústicos que se utilizan para evaluar la calidad del recinto.
- Una vez aclarados los conceptos generales sobre el diseño de estudios de postproducción de audio, nos centraremos en las recomendaciones que da Dolby para producir en 5.1. Se verán las particularidades que marca Dolby en cuanto a los parámetros acústicos, así como sus recomendaciones en lo referente a equipamiento y manera de abordar una mezcla en 5.1.
- Tras esto, pondremos en práctica todos los conceptos que han ido entrando en juego a lo largo del TFG realizando un diseño desde cero y simulando mediante el software EASE (*Enhanced Acoustic Simulator for Engineers*) los distintos parámetros de la sala, comentando todo el proceso y los resultados obtenidos.

El diseño realizado tendrá carácter teórico-conceptual, y es que habrá ciertos factores como el presupuesto o la localización real del estudio (determinante a la hora de diseñar el aislamiento acústico) que no serán tenidos en cuenta. El cometido principal de este TFG será, pues, comprender los sistemas de audio multicanal y los parámetros necesarios para adecuar el interior de un estudio para producir en este formato.

Cabe destacar el hecho de que, a principios del año 2021, Dolby cesó su sistema de certificaciones exepтуando las relativas al formato Dolby Atmos. No obstante, la información expuesta en el presente trabajo se basa en las directrices de diseño marcadas por la normativa internacional, así como en recomendaciones que da la empresa estadounidense de cara a obtener un estudio de altas prestaciones, por lo que los criterios aplicados seguirán teniendo validez.

Con todo esto, los objetivos a cumplir con la realización de este trabajo son:

- comprender los conceptos que entran en juego a la hora de diseñar un estudio de postproducción de audio.
- comprender cómo funcionan los sistemas de audio multicanal y la postproducción de audio multicanal.
- detectar las diferencias entre la normativa expuesta por la EBU y las recomendaciones ofrecidas por Dolby.
- aprender el funcionamiento del software EASE y servirnos de él para diseñar un estudio de postproducción de audio habilitado para realizar mezclas en formato Dolby Digital 5.1.



# 2 PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DE ESTUDIOS DE POSTPRODUCCIÓN

---

En este capítulo nos centraremos en explicar los aspectos acústicos y arquitectónicos que son estudiados a la hora de diseñar un estudio de postproducción de audio<sup>10</sup>.

En un caso real, habrá ocasiones en las que no sea posible elegir cómo será el espacio (desde el punto de vista arquitectónico) donde se ubicará el estudio. En este caso, se puede acondicionar la sala para adecuar la acústica a las necesidades del diseño. No obstante, si se tiene en cuenta la arquitectura de la sala desde el principio, se tendrá un control mucho mayor sobre sus parámetros acústicos.

## 2.1 Modelos arquitectónicos

La acústica arquitectural aplicada a estudios de postproducción lleva desarrollándose desde los años 60, pudiendo destacar figuras como Tom Hidley, Edward J. Veale o Michael Rettinger. A día de hoy, son tres los principales modelos estructurales aplicados en el diseño de estudios de postproducción: RFZ (*Reflection Free Zone*), *Non-environment* y LEDE (*Live End Dead End*). Además, de forma general suelen evitarse las superficies paralelas para así prevenir la suma de ondas en fase, puesto que darían lugar a un modo propio de la sala (se hablará de este tema más detalladamente en el capítulo 2.2.2).

En cualquier caso, existen infinitas soluciones de diseño capaces de obtener una sala válida. El diseño de ésta, al fin y al cabo, depende en gran medida del uso final que se le vaya a dar<sup>11</sup>.

### 2.1.1 Salas tipo *Non-environment*

El modelo *Non-environment* fue desarrollado por Tom Hidley en el año 1983. Como su nombre indica (que se podría traducir como “sin ambiente”), trata de conseguir un espacio donde se eliminen todas las reflexiones posibles basándose en tres aspectos:

- empotrar los altavoces en la pared frontal.
- pared frontal y suelo de material muy reflectante.
- resto de superficies de materiales muy absorbentes.

Además de lo anterior, el resto de equipos de la sala deben estar ubicados de tal forma que no generen reflexiones o, en su defecto, deben cubrirse con material absorbente.

Gracias a esto se obtiene una sala que elimina todas las reflexiones posibles, facilitando la tarea del ingeniero de mezcla en la detección de errores de grabación. No obstante, el uso de este modelo también conlleva la reducción del tiempo de reverberación de la sala hasta tal punto que se convierte en un entorno poco realista, puesto que el producto final se acabará reproduciendo en salas con una cierta reverberación.

---

<sup>10</sup> Apenas existe documentación específica que regle el tratamiento acústico de salas de grabación puesto que se aplican los existentes para las salas de postproducción.

<sup>11</sup> Por ejemplo, para su sistema *Dolby Atmos*, la empresa estadounidense propone usar una sala con forma de paralelepípedo con el fin de que el proceso de mezcla se realice en una sala similar a una de cine.

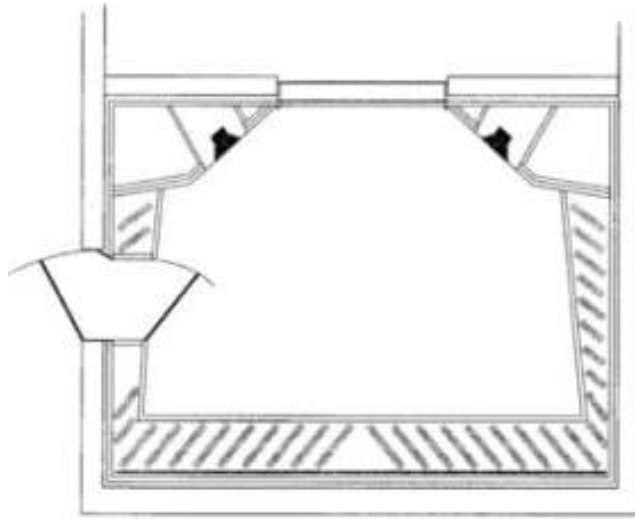


Figura 2.1. Planta del diseño *Non-environment*.

### 2.1.2 Salas tipo LEDE

Su nombre viene de las siglas en inglés “*Live End Dead End*”, es decir, “fondo vivo” y “fondo muerto”. Este modelo se enfoca únicamente en el punto de escucha donde se sitúe el ingeniero de mezcla, eliminando las reflexiones que puedan llegarle.

Esto se consigue recubriendo la pared frontal (fondo muerto) con material absorbente y al contrario con la pared trasera (fondo vivo), que se cubre con difusores. Los altavoces, por su parte, se empotrarán en la pared frontal o se cubrirán de material absorbente. De este modo, se evita la aparición de reflexiones en la zona cercana a los altavoces y al ingeniero mientras que en la parte trasera se consigue un *campo difuso*, concentrando ahí las reflexiones y dejando al punto de escucha libre de éstas.

La principal desventaja de este diseño radica en que el sonido percibido varía mucho en función de la posición en la sala, puesto que está estudiado en torno a un punto de escucha determinado.

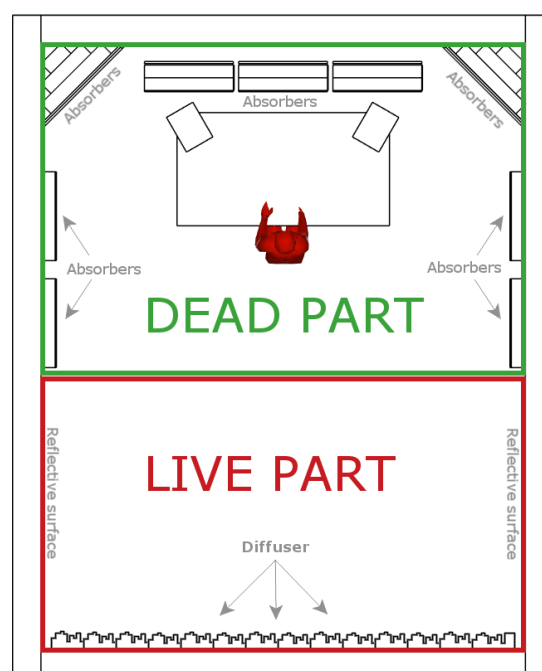


Figura 2.2. Planta del diseño LEDE.

### 2.1.3 Salas tipo RFZ

La sala tipo RFZ (del inglés, “*Reflection Free Zone*”) surgió como una mejora del diseño LEDE.

Al igual que su predecesor, los altavoces también irán empotrados y/o cubiertos de material absorbente, pero en lugar de tener un único punto de escucha de referencia, se tendrá toda una zona a la que no llegará ninguna reflexión (RFZ).

Para conseguir esto, se angulan las paredes del estudio de tal manera que ninguna reflexión llegue al ingeniero de mezcla o colocando material absorbente en las zonas donde se sepa que llegarán reflexiones inevitablemente. Por su parte, la parte trasera de la sala será tratada de igual forma que en el modelo LEDE, añadiendo difusores para concentrar el campo difuso en dicha zona.

Aunque este diseño pueda ser el más completo, su principal desventaja radica en que conlleva un coste más elevado que los modelos expuestos anteriormente y, según las necesidades del proyecto, puede no ser la mejor opción.

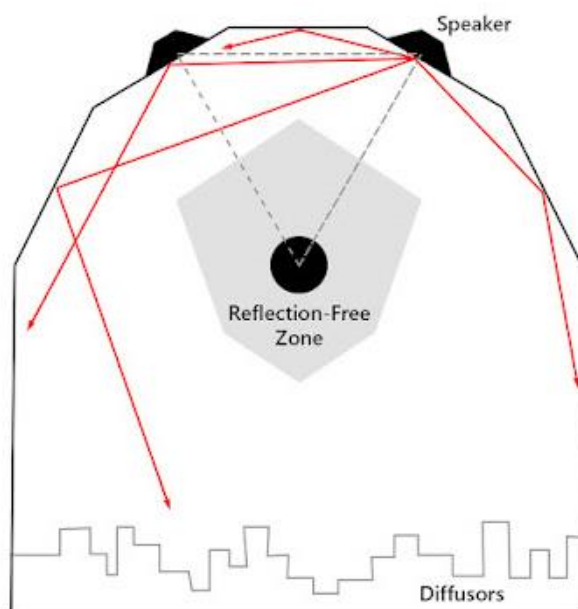


Figura 2.3. Planta del diseño RFZ.

### 2.1.4 Dimensiones de la sala

Dado que existen infinitas soluciones posibles en el diseño de salas, no hay unas dimensiones fijas que se usen a modo de estándar.

No obstante, en el segundo apéndice de la norma EBU TECH3276 “*Listening conditions for the assessment of sound programme material: monophonic and two-channel stereophonic*”<sup>12</sup> se exponen unos límites en las relaciones entre la longitud, anchura y altura de la sala. Estos límites tratan de ser una guía para poder cumplir los requerimientos acústicos expuestos en la norma, los cuales serán el tema a tratar en el capítulo 2.2.

Según lo expuesto en la norma, la sala debería tener un área mínima de 30 m<sup>2</sup> y las relaciones *longitud/altura* y *ancho/altura* deberían estar acotadas según las siguientes expresiones:

<sup>12</sup> En el primer suplemente de dicha norma, “*Listening conditions for the assessment of sound programme material: multichannel sound*”, se indica que las dimensiones sugeridas para sistemas multicanal no varían de las del documento base.

$$1.1 \left(\frac{w}{h}\right) \leq \left(\frac{l}{h}\right) \leq 4.5 \left(\frac{w}{h}\right) - 4$$

$$l < 3h$$

$$w < 3h$$

Donde:

- $l$  = longitud (la más grande, observando la planta de la sala)
- $w$  = anchura (la más pequeña, observando la planta de la sala)
- $h$  = altura

### 2.1.5 Resumen de ventajas e inconvenientes en cada diseño

	VENTAJAS	INCONVENIENTES
<b>SALA TIPO <i>NON-ENVIRONMENT</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Facilidad en la mezcla para detectar errores de grabación.</li> <li>· Diseño sencillo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reducción excesiva del tiempo de reverberación de la sala.</li> </ul>
<b>SALA TIPO LEDE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Diseño eficiente: elimina primeras reflexiones sin sacrificar tiempo de reverberación de la sala.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Gran variación del sonido percibido al desplazarse del punto de escucha de referencia.</li> </ul>
<b>SALA TIPO RFZ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Elimina primeras reflexiones sin sacrificar tiempo de reverberación de la sala.</li> <li>· Se consigue para toda una región, en lugar de en un solo punto como en el modelo LEDE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Coste elevado.</li> </ul>

## 2.2 Parámetros acústicos

Tras el diseño arquitectónico del espacio donde se ubicará el estudio, donde como hemos visto ya se ha tenido en cuenta la acústica, se procede con el diseño acústico. En esta fase del diseño se planteará con qué materiales tratar la sala con el fin de obtener un buen acondicionamiento y aislamiento acústicos. Puesto que estos dos conceptos suelen confundirse habitualmente, los definiremos para eludir posibles confusiones futuras:

·**Acondicionamiento acústico:** También conocido como “*sonorización*”, es el proceso por el cual se trata una sala para obtener un sonido de alta calidad y que cumpla unas condiciones determinadas. Es por esto que, en función del uso que se le vaya a dar al estudio, la sonorización se realizará de una forma u otra. Por ejemplo, no serán iguales los tratamientos que se apliquen a un estudio de postproducción de música que a uno de cine, puesto que para uno de música puede ser más interesante deshacerse de todas las reflexiones posibles para escuchar de forma nítida el material bruto de la grabación, mientras que en un estudio de cine sería preferible mantener un tiempo de reverberación más alto para que el ingeniero de mezcla pueda comprobar el funcionamiento del sonido en una sala con cierta reverberación, tal y como será su uso futuro en un cine.

·**Aislamiento acústico:** Son los tratamientos que se le aplican a la sala con el fin de evitar que penetren sonidos no deseados del exterior, así como que salga el sonido del interior del estudio, puesto que pueden darse altos niveles de presión sonora que podrían causar molestias a los espacios colindantes. En contrapartida al acondicionamiento, el aislamiento acústico también es comúnmente llamado “*insonorización*”.

Usando como referencia la norma EBU TECH3276, vemos que son seis los principales parámetros acústicos que se estudian de cara a determinar el tratamiento a aplicar en una sala determinada. Estos parámetros son: el sonido directo, las primeras reflexiones, el tiempo de reverberación, la respuesta operacional de la sala, el nivel de escucha y el nivel de ruido de fondo. A continuación, nos detendremos en cada uno de estos parámetros.

### 2.2.1 Sonido directo

Siguiendo la definición de la EBU: «*el sonido directo se define como el que se mediría, usando unos altavoces determinados, en condiciones anecoicas*». Es decir, es el sonido que viaja desde la fuente hasta el oyente sin verse alterado por ninguna reflexión o la reverberación de la sala.

En definitiva, es la componente del sonido que nos interesa percibir con claridad, pero debido a que por su propia naturaleza el sonido viajará por la sala y parte del mismo se reflejará en las distintas superficies, lo que finalmente llega al oyente es la suma del sonido directo y las reflexiones que no hayan sido salvadas.

### 2.2.2 Primeras reflexiones

Como ya comentamos con el diseño *Non-environment*, si nos centramos en eliminar todas las reflexiones de la sala también reduciremos de manera considerable el tiempo de reverberación, lo cual puede no interesar según el estudio. No obstante, siempre interesará tener control sobre las reflexiones de la sala, siendo las primeras las que más preocupan en el diseño de un estudio de postproducción. Para comprender el problema que pueden causar estas reflexiones, debemos entender lo que son los **modos propios de la sala**, también llamados modos resonantes.

Por su naturaleza, el choque de una onda acústica con una superficie hace que cierta parte de la misma se transmita, otra se disipe y otra parte se refleje. En particular, cuando una onda acústica recorre una distancia igual a un múltiplo de su longitud de onda, la onda reflejada estará en fase con la incidente y la suma de ambas dará lugar a una onda estacionaria. Los picos de la onda resultante se corresponderán con aumentos en la presión sonora a la frecuencia de la onda y del mismo modo, en los valles, la presión sonora será prácticamente nula, ergo, el sonido será imperceptible.

También podríamos llegar a esta idea si nos planteamos hallar el nivel de presión sonora en un recinto.

Por simplificar el ejemplo, supondremos que estamos en una sala rectangular sin pérdidas y de dimensiones  $l_x$ ,  $l_y$  y  $l_z$ . En este caso, según las condiciones de contorno debe haber máximos de presión sonora en todas las superficies, por lo que la presión sonora en un punto e instante determinados vendrá dada por:

$$p(x, y, z, t) = \sum_{n_x=0}^{\infty} \sum_{n_y=0}^{\infty} \sum_{n_z=0}^{\infty} \Re \left( p_{n_x, n_y, n_z} e^{j2\pi f_0 t} \right) \cos \left( \frac{n_x \pi x}{l_x} \right) \cos \left( \frac{n_y \pi y}{l_y} \right) \cos \left( \frac{n_z \pi z}{l_z} \right)$$

Donde:

- $n_x$ ,  $n_y$  y  $n_z$  son números enteros usados para identificar un modo propio (por ejemplo, el modo (0,0,1)).
- $x$ ,  $y$  y  $z$  son las coordenadas del punto de medición.
- $p_{n_x, n_y, n_z}$  es una amplitud compleja constante en el tiempo y el espacio.

En dicha fórmula podemos intuir la existencia de máximos y mínimos por la presencia de los cosenos. Dichas soluciones se corresponden con los modos propios de la sala, los cuales tienen asociada una **frecuencia de resonancia** ( $f_0$ )<sup>13</sup>. De los modos resonantes, además, podemos distinguir tres tipos: los **modos axiales**, debidos a reflexiones entre dos superficies paralelas; los **modos tangenciales**, originados por reflexiones entre cuatro superficies y los **modos oblicuos** que son originados por reflexiones entre todas las superficies de la sala.

Son las primeras reflexiones las que pueden causar más daño en este aspecto puesto que son las que tienen más energía. Para reducir el efecto de los modos propios de la sala existen dos soluciones comúnmente usadas:

- Evitar salas con superficies paralelas (como ya se comentó en el capítulo 2.1), puesto que previene de la aparición de modos propios.
- Disponer de una sala amplia, puesto que a mayor tamaño los modos propios se concentrarán en las frecuencias más graves, pudiendo llegar a ser inaudibles.

Según la recomendación de la EBU en su norma TECH3276, las primeras reflexiones deberían estar al menos 10 dB por debajo del sonido directo para todo el rango de frecuencias comprendido entre 1 kHz y 8 kHz.

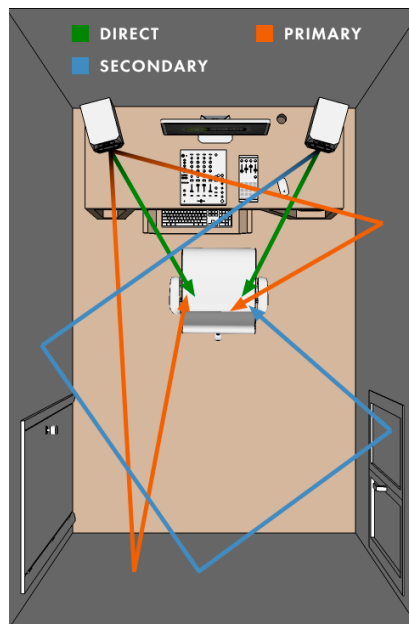


Figura 2.4. Ilustración del sonido directo y primeras reflexiones.

<sup>13</sup> Aclarar que en una sala existen infinitos modos propios, así como frecuencias de resonancia asociadas a los mismos.

### 2.2.3 Tiempo de reverberación

La **reverberación** es el efecto causado por la contribución de múltiples reflexiones en las superficies limitantes de una sala que llegan al punto de escucha después de las primeras reflexiones. Por otro lado, el tiempo de reverberación se define como el tiempo que toma el sonido hasta caer 60 dB por debajo de su valor inicial.

Existen tres maneras con las que se puede calcular el tiempo de reverberación ( $TR$ ) en función de las características del recinto:

#### Fórmula de Sabine

$$TR = 0.163 \cdot \frac{V}{S \cdot \bar{\alpha}}$$

- Para recintos no muy grandes
- $\alpha$  aproximadamente uniforme
- $\bar{\alpha} < 0.2$

#### Fórmula de Eyring

$$TR = 0.163 \cdot \frac{V}{-S \cdot \ln(1 - \bar{\alpha})}$$

- $\alpha$  aproximadamente uniforme
- $\bar{\alpha} > 0.2$
- Si  $\bar{\alpha} \ll 1$ , Eyring = Sabine

#### Fórmula de Millington-Sette

$$TR = 0.163 \cdot \frac{V}{-\sum_{i=1}^N S_i \ln(1 - \alpha_i)}$$

- $\alpha$  no uniforme

Donde:

- $V$  es el volumen de la sala.
- $S$  es la superficie total de la sala.
- $\bar{\alpha}$  es el coeficiente de absorción media de todas las superficies.
- $N$  es el número de superficies que limitan el recinto.

Puesto que en muchas ocasiones poder medir el TR (también llamado TR60) será complicado ya que requerirá usar un nivel de potencia acústica muy alto, existen métodos como el de *Ruido Interrumpido* definido por la ISO en su Recomendación 3382-2:2008. Este método consiste en activar la fuente de sonido y comenzar la medición; tras unos instantes se llegará a obtener un estado estacionario y procederemos a apagar la fuente, tras lo cual el nivel de presión sonora decae de forma lineal con el tiempo y nos resulta fácil hallar el TR30 (tiempo en el que el sonido decae 30 dB respecto a su valor inicial) y a su vez el TR como el doble.

Por su parte, la EBU indica que en salas de postproducción de audio es común hallar el TR midiendo previamente el tiempo en el que el sonido decae entre 5 dB y 28 dB respecto a su valor inicial, debiendo realizar estas medidas con filtros de tercio de octava y usando los futuros altavoces del estudio como fuente. La EBU también define el valor nominal del tiempo de reverberación ( $T_m$ ) como la media de las medidas tomadas según las indicaciones anteriores entre 200 Hz y 4 kHz, valor que debe cumplir la siguiente relación:

$$0.2 < T_m < 0.4 \text{ s}$$

Además, para asegurar que el ambiente acústico permanezca natural, este valor nominal ha de aumentar en caso de que el tamaño de la sala lo haga. La siguiente fórmula se da como guía:

$$T_m = 0.25 \left( \frac{V}{V_0} \right)^{1/3} \text{ s}$$

Siendo  $V$  el volumen de la sala en  $\text{m}^3$  y  $V_0$  un volumen de referencia de  $100 \text{ m}^3$ .

Para tener en cuenta los cambios bruscos que puede tener el tiempo de reverberación con la frecuencia, la EBU también establece unos límites de tolerancia calculados como la diferencia entre el tiempo de reverberación medido y su valor nominal:

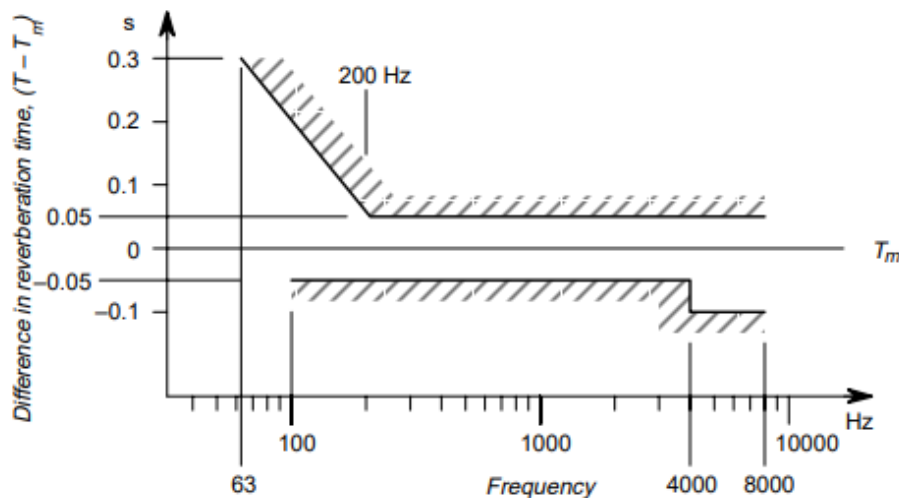


Figura 2.5. Límites de tolerancia para el TR.



## 2.2.4 Respuesta operacional de la sala

La respuesta operacional de la sala es la respuesta frecuencial del nivel de presión sonora generado por los altavoces a usar en el estudio. Siguiendo las recomendaciones de la EBU, la medición deberá realizarse con filtros de tercio de octava, aplicando como tono de prueba una señal de ruido rosa. La representación gráfica de esta respuesta operacional (ver figura 2.6) es un criterio importante a la hora de estudiar la influencia que los altavoces y la sala se ejercen mutuamente.

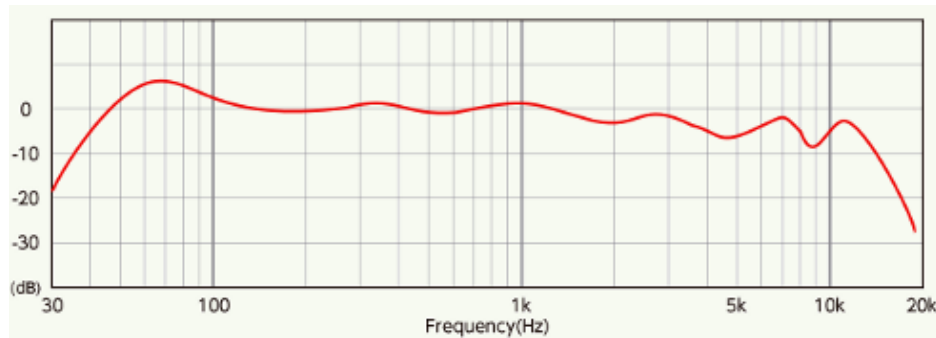


Figura 2.6. Ejemplo de respuesta operacional.

Al igual que con el tiempo de reverberación, la EBU establece unos límites de tolerancia con respecto a un valor de referencia  $L_m$  que se corresponde con el valor medio de los niveles de las bandas en tercio de octava con frecuencias centrales comprendidas entre 200 Hz y 4 kHz. Además, en el primer suplemento de la norma TECH3276, la EBU aclara ciertos procedimientos específicos para sistemas 5.1:

- Cada uno de los 5 canales principales debe cumplir con los límites de tolerancia especificados en la norma base (ver Figura 2.7).
- Los altavoces izquierdo y derecho deberán ecualizarse de forma análoga y al altavoz central se le aplicará una curva de ecualización lo más parecida posible a la de los laterales.
- Los altavoces envolventes se ecualizarán igual.

También podrían ser necesarias ciertas correcciones a baja frecuencia, por debajo de los 300 Hz.

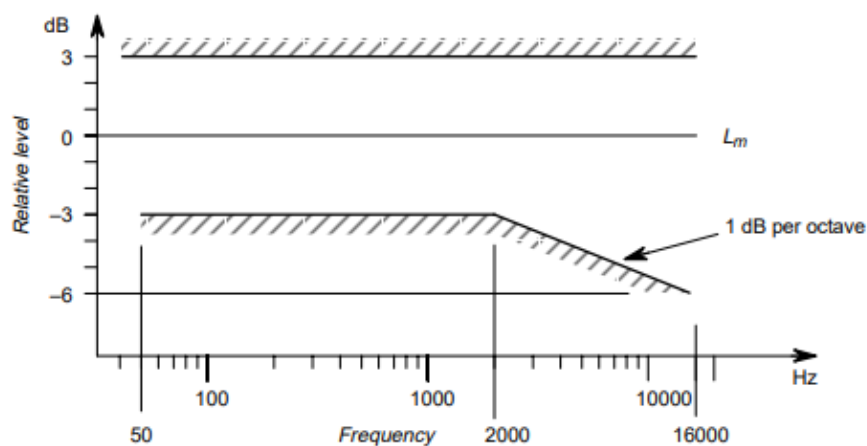


Figura 2.7. Límites de tolerancia en la respuesta operacional de la sala.

### 2.2.5 Nivel de escucha

Otro aspecto importante a tener en cuenta en el diseño de estudios de postproducción de audio es que necesitaremos un sistema de monitores capaz de emitir a un volumen suficiente. Con el fin de caracterizar la sensibilidad de un altavoz/canal de reproducción, la EBU propone usar el nivel de escucha de referencia ( $L_{LISTref}$ ). Este parámetro se usa, a su vez, para establecer el valor de ganancia de referencia (0 dB).

Para ajustar la ganancia de cada altavoz, se inyectará una señal de ruido rosa en cada canal individualmente. El nivel RMS de la señal de prueba deberá estar:

- 9 dB por debajo del *PML* (*Permitted Maximum Level*) en dispositivos analógicos (según la Recomendación *ITU-R BS.645*).
- 18 dB por debajo del dB-FS (full-scale) en dispositivos digitales (según la Recomendación Técnica R68 de la EBU).

La ganancia de cada canal deberá ajustarse en cada canal de tal manera que el nivel de presión sonora medido en el punto de escucha de referencia (usando Ponderación A) sea:

$$L_{LISTref} = 85 - 10 \log(n) \text{ dB(A)}$$

Donde  $n$  es el número de altavoces principales del sistema de audio usado. La diferencia de nivel entre los diferentes canales no debería exceder 1 dB.

Al igual que ocurría con la respuesta operacional de la sala, para sistemas 5.1 la EBU publica ciertas recomendaciones específicas en el primer suplemento de la Recomendación 3276. En el mismo, ajusta la fórmula del nivel de referencia de cada canal tal que:

$$L_{LISTref} = 96 \text{ dB}, \text{ que se asociará al nivel FSD}^{14}$$

Además, la señal con la que se excite cada canal deberá ser un ruido con energía constante en todas las octavas, cubriendo el rango de frecuencias comprendido entre 500 Hz y 2 KHz. El nivel del tono de prueba deberá estar 18 dB por debajo del FSD. Teniendo esto, cada altavoz deberá ser ajustado de manera que, en el punto de escucha de referencia, se obtenga una medición de  $96 - 18 = 78 \text{ dB (SPL)}$  en cada altavoz. La medición deberá realizarse usando Ponderación C y un sonómetro que cumpla los requisitos definidos en la norma UNE-EN 60651:1996 (equivalente a la norma IEC651 mencionada en el documento de la EBU). La diferencia de nivel entre los tres altavoces frontales no debería superar 0.5 dB, y 1 dB para el resto de altavoces.

Por último, se aplicará una señal de ruido rosa que cubra el rango de 50 Hz a 100 Hz y ajustaremos el nivel del canal LFE hasta conseguir un SPL de 106 dB, los cuales se asociarán al FSD de dicho canal.

### 2.2.6 Ruido de fondo

En su Recomendación Técnica, la EBU expone que el nivel RMS del nivel de presión sonora provocada por cualquier fuente de ruido indeseado (interna o externa), medida desde el punto de escucha de referencia a una altura de 1.2 metros, debería no superar (preferiblemente) la curva NR10 representada en la Figura 2.9. Bajo ninguna circunstancia debería superarse la curva NR15.

<sup>14</sup> El nivel FSD (Full Scale Digital) es el nivel de señal máximo que el canal es capaz de ofrecer.

NR curve	Frequency (Hz)								
	31.5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
10	62.2	43.4	30.7	21.3	14.5	10.0	6.6	4.2	2.3
15	65.6	47.3	35.0	25.9	19.4	15.0	11.7	9.3	7.4

Figura 2.8. Valores SPL en función de la frecuencia (relativos a 20mPa) para las curvas de referencia NR10 y NR15.

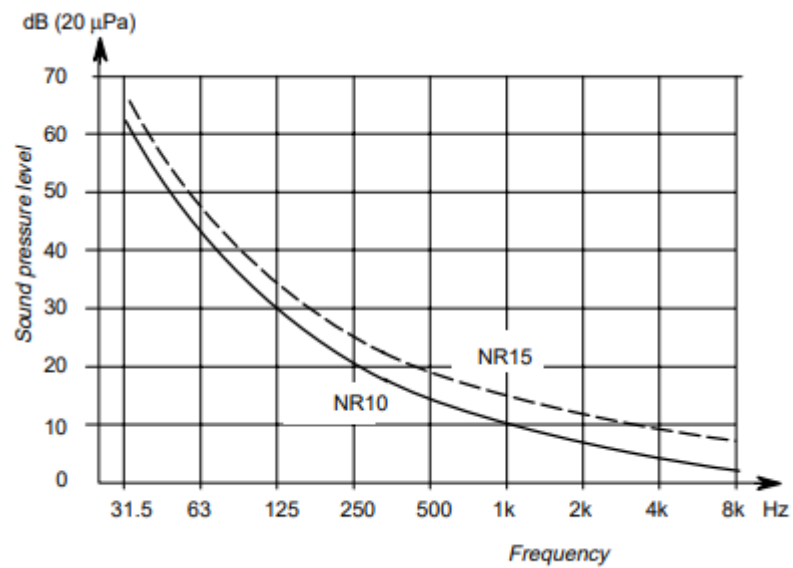


Figura 2.9. Representación gráfica de las curvas NR10 y NR15

## 3 DOLBY DIGITAL 5.1

Dolby Digital, también conocido como AC-3, es un sistema de codificación perceptual<sup>15</sup> de audio desarrollado en el año 1992 por Dolby Laboratories con el fin de lograr que a las películas grabadas en 35mm se les pudiera acoplar sonido digital multicanal. Desde entonces, su uso ha ido expandiéndose, siendo posible encontrarlo hoy día en entornos como la HDTV, el DVD-Audio, el DVD-ROM o en el contenido distribuido por Internet.

Lo que hace el sistema AC-3 es dividir el espectro del audio en bandas estrechas y analiza cada banda con el fin de determinar la audibilidad de cada señal. Para determinar dicho nivel de audibilidad, el sistema lleva a cabo un *enmascaramiento*, agrupando así las señales más audibles (a las que la máscara no les ha afectado) por un lado y las menos audibles por otro (las que han sido enmascaradas). Tras esto, y con el fin de aumentar la eficiencia en la codificación, se utilizan más bits para representar las señales más audibles, mientras que se usan menos para las señales que han sido enmascaradas.

El sistema Dolby Digital 5.1 consiste en un sistema de audio multicanal 5.1 como el expuesto en el capítulo 1.1.2, el cual a su vez utiliza el formato AC-3 para comprimir la señal de audio.

Tal y como comentábamos al comienzo de este documento, hasta el año 2021 Dolby disponía de sus propias certificaciones para salas de cine y estudios de postproducción. Con el fin de otorgar estas certificaciones, existía el llamado “*Sistema de certificación de estudios Dolby*” que, en definitiva, consistía en un asesoramiento personalizado a la hora de diseñar el estudio desde cero con el fin de cumplir los requisitos necesarios, realizando un seguimiento a lo largo del proyecto hasta conseguir el resultado deseado.

Pese a que dicho sistema de certificación necesitaba de la supervisión directa de Dolby, la empresa también publicó cierta documentación con la que poder comprobar, de forma general, si el estudio cumplía los requisitos necesarios para obtener la certificación (aunque la certificación no se obtendría hasta que los ingenieros de Dolby realizaran las medidas in situ y obtuvieran resultados satisfactorios). En particular, el principal documento oficial de Dolby relativo al diseño de estudios de postproducción se titula “*Dolby Studio Approval Requirements*”.

En su documentación, Dolby aclara que no hay unos requisitos específicos en cuanto a la estructura de una sala capacitada para trabajar con audio multicanal para cine, aunque sí realiza una anotación sobre la superficie y el volumen de la misma, valores que Dolby requerirá que sean, como mínimo, 45 m<sup>2</sup> y 150 m<sup>3</sup>, respectivamente.

Debido a la ausencia de unos requerimientos arquitectónicos determinados, en el presente capítulo nos centraremos principalmente en los requerimientos acústicos que marca Dolby y comentaremos algunas anotaciones sobre el equipamiento a utilizar. Para terminar, hablaremos sobre los aspectos a tener en cuenta a la hora de realizar una mezcla multicanal, uso final que se le querrá dar al estudio que diseñemos.

### 3.1 Requerimientos acústicos

En el documento “*Dolby Studio Approval Requirements*” se aclaran los cuatro parámetros acústicos que se tendrán en cuenta a la hora de comprobar la validez de un estudio. Estos son: el nivel de escucha, el tiempo de reverberación, la respuesta operacional de la sala y el nivel de ruido de fondo.

#### 3.1.1 Nivel de escucha

Respecto al nivel de escucha Dolby expone que, tras haber realizado la calibración correspondiente de los equipos instalados, los altavoces frontales y surround deben ofrecer conjuntamente un SPL máximo sin

<sup>15</sup> La codificación perceptual de audio es aquella que, basándose en la psicoacústica, trata de alcanzar una compresión eficiente de la información teniendo como objetivo que el producto final se escuche lo más parecido posible al original (pese a que durante el proceso de codificación habrá pérdidas).

distorsión comprendido entre 103 y 105 dBC. Por su parte, el subwoofer deberá ofrecer un SPL máximo que supere en 10 dB el de los altavoces frontales (individualmente).

Además, como apoyo a la hora de elegir los amplificadores que alimentarán los altavoces, en el primer apéndice de su documento Dolby muestra unas gráficas que estiman la potencia que se necesitará en función de las dimensiones de la sala:

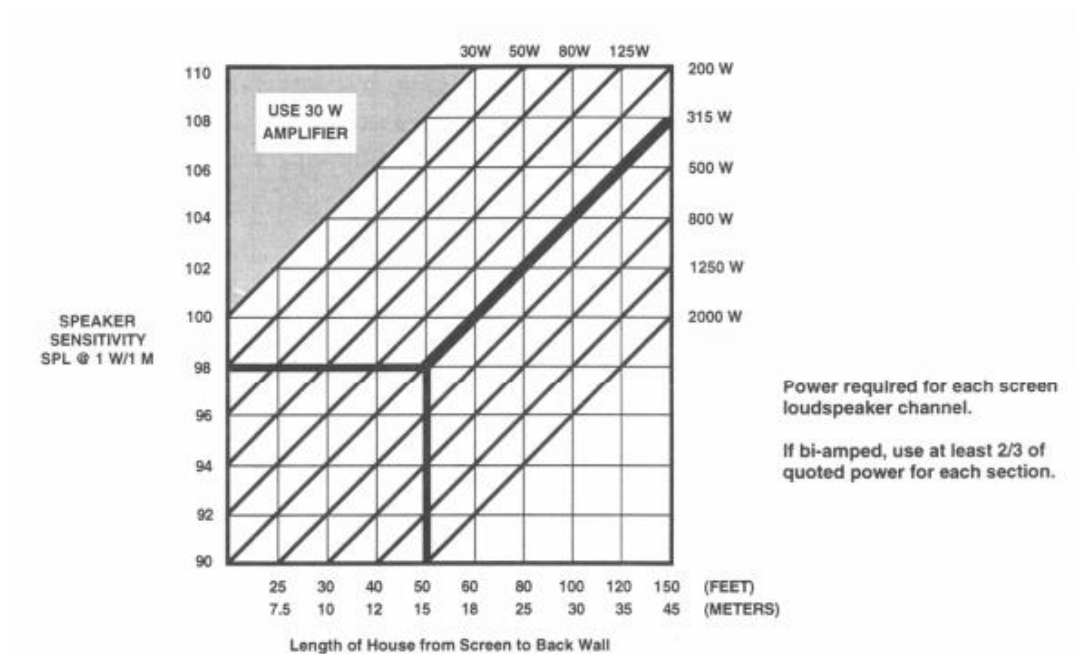


Figura 3.1. Potencia de amplificador recomendada en cada altavoz frontal.

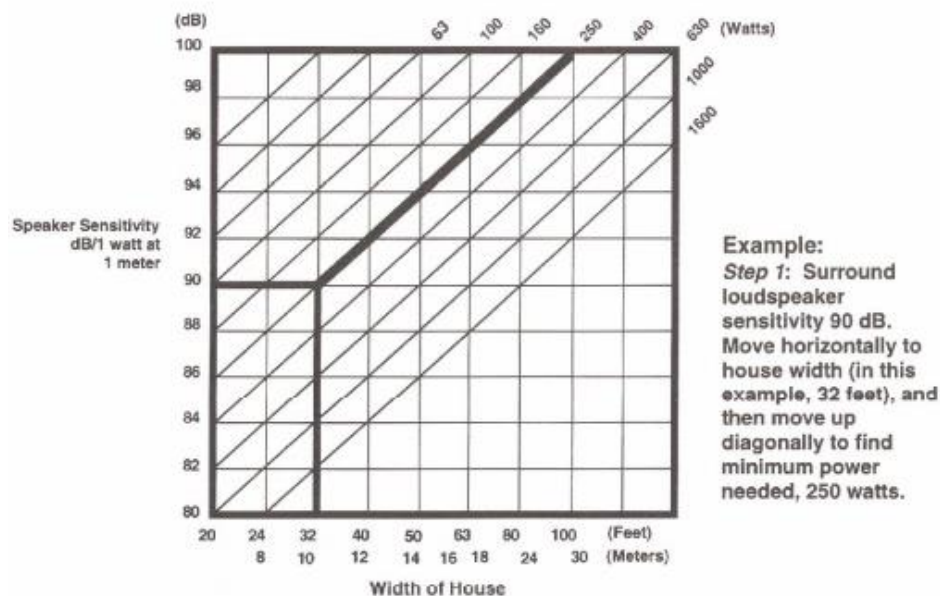


Figura 3.2. Potencia de amplificador recomendada en cada altavoz surround.

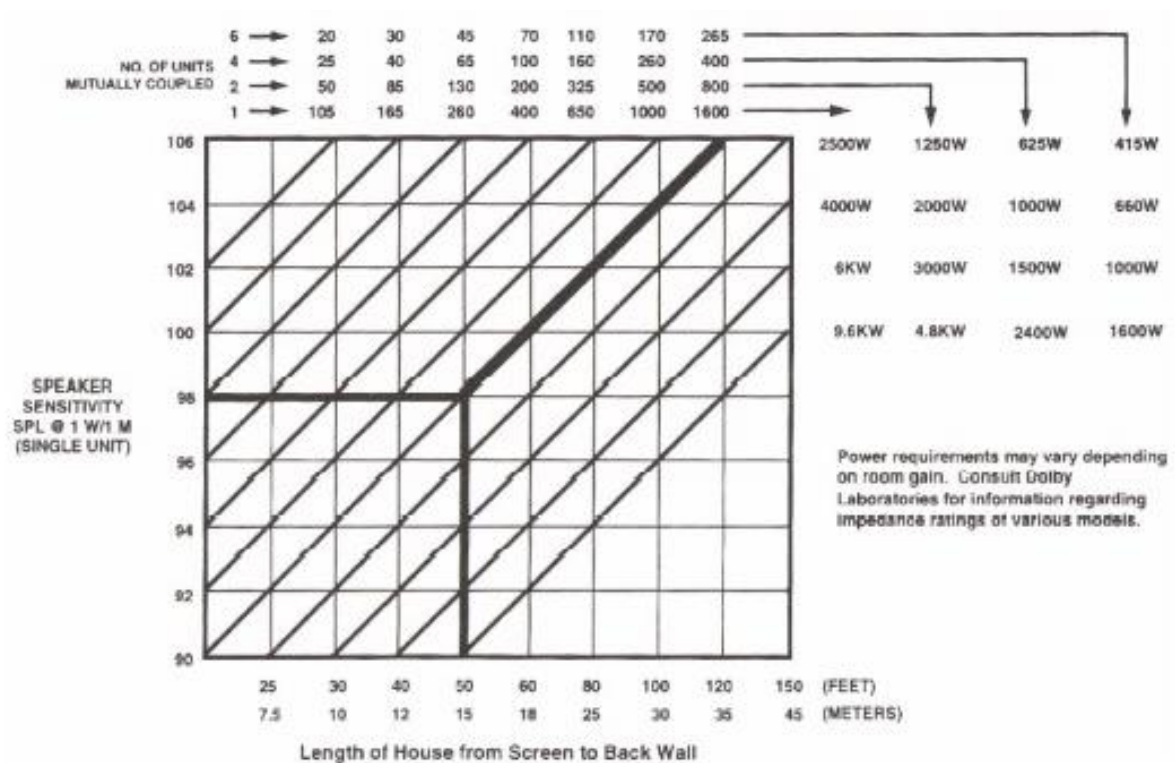


Figura 3.3. Potencia de amplificador recomendada en el subwoofer.

### 3.1.2 Tiempo de reverberación

En lo referente al tiempo de reverberación, Dolby utiliza una gráfica que muestra los límites en los que debe mantenerse (a 500Hz), en función del volumen de la sala:

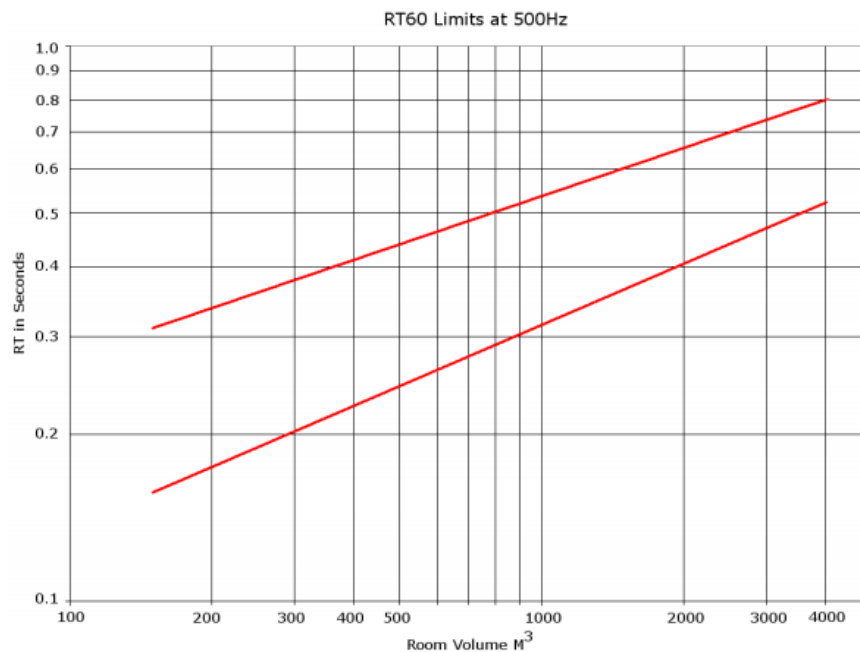


Figura 3.4. Límites para el TR expuestos en el documento *Dolby Studio Approval Requirements*.

### 3.1.3 Respuesta operacional de la sala

Tanto los altavoces frontales como los surround deberán ofrecer una respuesta frecuencial acorde a la norma ISO2969.

### 3.1.4 Ruido de fondo

El nivel de ruido de fondo deberá mantenerse por debajo de la curva NC25 acorde a la norma ISO9568.

## 3.2 Equipamiento necesario

Aunque de manera limitada, Dolby expone algunas guías sobre el equipamiento a utilizar en un estudio que desee su certificación.

Como ya se comentaba anteriormente, Dolby basa su sistema de certificación en acompañar y asesorar personalmente a lo largo del diseño, instalación y comprobación de resultados. Debido a esto, la documentación disponible, además de no ser demasiado extensa, también se encuentra algo desactualizada. En esto también influye el hecho de que Dolby sigue desarrollando nuevas tecnologías tales como el sistema inmersivo *Atmos* o el nuevo sistema de codificación *Dolby AC-4* y prácticamente todas sus publicaciones suelen centrarse en estos temas, dejando la mayor parte del conocimiento sobre los anteriores sistemas en el *know-how* del personal cualificado.

Un ejemplo de lo anterior lo podemos observar en el mismo documento “*Dolby Studio Approval Requirements*”, donde se recomiendan equipos como codificadores/decodificadores de Dolby Digital que, a día de hoy, es más común encontrar como soluciones software. Del mismo modo, se especifican las características que debe tener el proyector a usar en la sala, aunque lo más habitual es usar monitores profesionales.

### 3.2.1 Altavoces

Respecto a los altavoces a utilizar, las principales características recomendadas son las ya mencionadas al estudiar el nivel de escucha y la respuesta operacional que recomienda Dolby. Así pues, los altavoces frontales y surround deberán ofrecer conjuntamente un SPL máximo sin distorsión comprendido entre 103 y 105 dBC y el subwoofer deberá superar en 10 dB el valor máximo de cada altavoz frontal (individualmente). Asimismo, los cinco altavoces principales deberán ofrecer una respuesta frecuencial acorde a la norma ISO 2969.

Se recomienda que los cinco altavoces principales sean iguales para obtener un sonido más uniforme, a menos que se requiera lo contrario debido a los parámetros de diseño.

### 3.2.2 Mesa de mezclas

En caso de usar una mesa de mezclas (analógica o digital), esta deberá tener, como mínimo, 32 canales de entradas, 32 faders para el nivel de cada canal y dos controles panorámicos, usualmente en forma de joystick. No obstante, para grandes producciones puede ser necesario aumentar estas prestaciones.

### 3.2.3 Herramientas software

Pese a que en su documentación Dolby no menciona las herramientas software, vemos interesante comentar tres herramientas que conformarán el “núcleo” de la estación de trabajo del ingeniero de mezcla: el DME (*Dolby Media Encoder*), el DRP (*Dolby Reference Player*) y el DAW (*Digital Audio Workstation*).

El DME y el DRP son los equivalentes software a los codificadores y decodificadores físicos que necesita tener un estudio capacitado para producir en Dolby digital 5.1. El DME permite codificar una señal WAV para su uso en los formatos Dolby Digital y Dolby Digital Plus<sup>16</sup>, así como en Dolby Digital Plus con contenido Dolby Atmos. Por su parte, el DRP es un reproductor capaz de procesar los formatos Dolby Digital, Dolby Digital Plus y Dolby Atmos.

Como su propio nombre indica, el DAW se corresponderá con la estación de trabajo digital que el ingeniero utilizará para realizar la mezcla. En esencia, todo DAW tiene un aspecto semejante a una mesa de mezclas digital, teniendo a nuestra disposición las diferentes pistas grabadas y los faders correspondientes para ajustar sus niveles, así como otros parámetros como el paneo del sonido, es decir, la colocación de cada sonido en un lugar determinado del plano horizontal. A su vez, se usarán *plugins* que permitirán realizar distintas modificaciones sobre la grabación base: ecualizar, aplicar una compresión determinada...

Existen numeros DAW tales como *Reason*, *Reaper* o *Ableton Live*. No obstante, el más extendido en la industria cinematográfica es el software *Pro Tools*, desarrollado por la empresa estadounidense *Avid Technologies*.

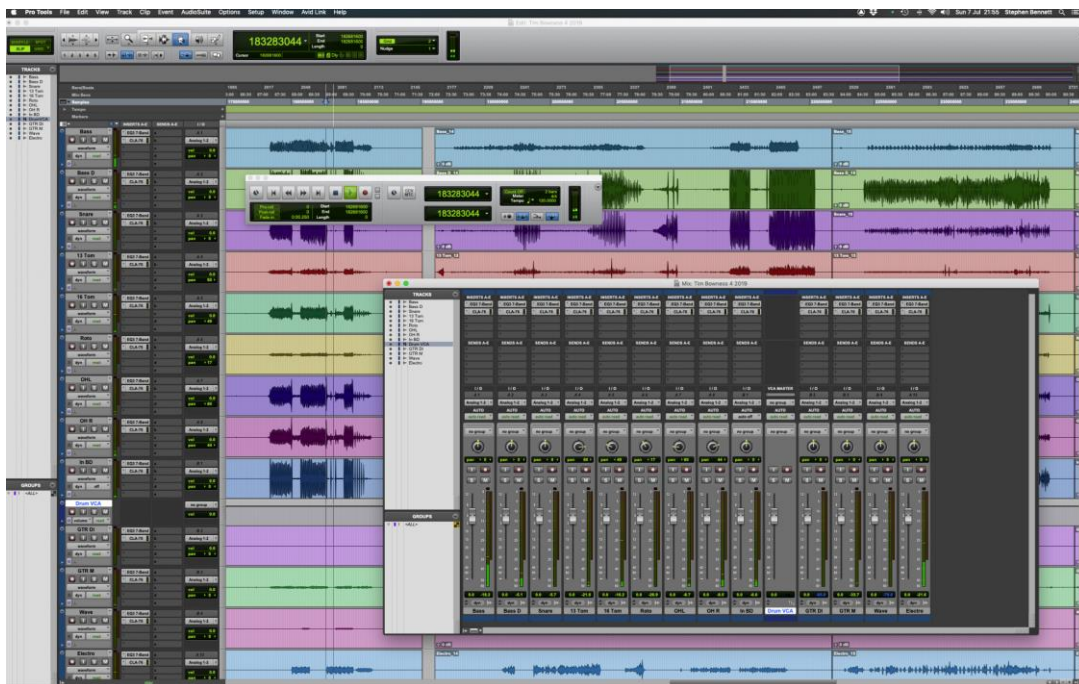


Figura 3.5. Interfaz de Pro Tools.

<sup>16</sup> Dolby Digital Plus o E-AC-3 (Enhanced AC-3) es una evolución de Dolby Digital. Su principal uso está en los sistemas 7.1 y superiores.



En muchas ocasiones se suplirá la necesidad de una mesa de mezclas mediante el uso de un DAW, puesto que realmente esta solución software integra todas las prestaciones necesarias. No obstante, son muchos los ingenieros de mezcla que prefieren tener a mano faders, potenciómetros y demás controladores de manera física. Ante esta necesidad surgieron las superficies de control (o simplemente controladoras), las cuales podemos conectar a nuestro ordenador y controlar todos los parámetros de un DAW sin necesidad de usar teclado y ratón.



Figura 3.6. Controladora Avid S4.

### 3.2.4 Proyector

En lo relativo a la proyección de vídeo, Dolby establece que al menos debe ofrecer una luminancia de 47,9  $\text{cd/m}^2$  y una resolución mínima de 1920x1080.

Pese a que en la mayoría de estudios es común encontrar monitores profesionales en lugar de proyectores, ocurre al contrario en los *Dubbing Theatres*. Aunque su nombre podría dar lugar a confusión (ya que una posible traducción de “dubbing” sería “doblaje”), un Dubbing Theater en realidad es una sala de cine equipada como si fuera un estudio de postproducción. Con esto, lo que se consigue es un entorno muy fiel al lugar donde se reproducirá finalmente la película, por lo que dichas salas se utilizan para dar los últimos retoques a la mezcla realizada previamente en el estudio.



Figura 3.7. Ejemplo de Dubbing Theater.

### 3.3 La mezcla

Ya que el objetivo final de este proyecto es diseñar un estudio habilitado para realizar mezclas multicanal, consideramos de interés tratar los aspectos relativos a la forma de realizarlas. No obstante, de forma previa profundizaremos un poco más en el concepto de mezcla, así como en ciertos términos que serán comunes tanto en mezclas estéreo como multicanal y que nos ayudarán a comprender el punto final de este apartado.

Tras haber determinado todos los sonidos que formarán la banda sonora de la película, proceso que definimos en el capítulo 1 como edición, se procede a realizar la mezcla. La mezcla es el conjunto de acciones que realizamos sobre las grabaciones base con el fin de obtener un producto final de calidad que agrupe todos los componentes de la banda sonora. Habitualmente se suele realizar una *pre-mezcla* de los elementos principales (diálogos, música y efectos) en la que se sincronizan y se ajustan sus niveles de ganancia, de manera que en la *mezcla final* se parta teniendo cierta concepción general del contenido sonoro.

Durante la mezcla se aplicarán numerosas modificaciones tales como la ecualización del sonido o la compresión con el fin de obtener un sonido limpio y compacto, es decir, que acompañe a la imagen de forma natural y no de la sensación de que se ha añadido de manera artificial. Este trabajo, además de las cualidades técnicas que requiere, también cuenta con un fuerte componente artístico; y es que el ingeniero de mezcla debe saber guiar estos tratamientos sobre el sonido de tal manera que el aspecto sonoro acabe formando parte íntegra de la película como un elemento narrativo más, reforzando las intenciones del director e incluso, en ocasiones, añadiendo más información aparte de la que se percibe de forma visual.

Un buen ejemplo lo podemos ver en la película *Dunkerque* (2017), dirigida por Christopher Nolan y teniendo a Gary Rizzo y Gregg Landaker como ingenieros de mezcla responsables de la mezcla final. La película ganadora de los Premios Óscar a mejor sonido y mejor edición de sonido no sólo cuenta con una música excepcional (de mano del compositor Hans Zimmer), sino que todo el aspecto sonoro es realmente dinámico y contribuye notablemente en la inmersividad de la película. Entre las numerosas decisiones tomadas que se podrían comentar, podemos destacar la aplicación de un filtro paso bajo sobre la ecualización general en un instante en el que la cámara se introduce en el agua. De este modo se desechan todas las altas frecuencias, lo cual transmite una sensación similar a estar escuchando algo debajo del agua.

Aparte de conseguir un sonido limpio, en la mezcla se tratará de “espaciar” el sonido, es decir, ubicar cada elemento sonoro en un lugar del plano tridimensional y buscar la sensación de que el sonido envuelve al oyente, siendo posible determinar claramente de dónde procede cada elemento. Es por esto que se suele hablar de las **tres dimensiones de la mezcla**, siendo estas la dimensión vertical, la horizontal y la profundidad (ver Figura 3.8).

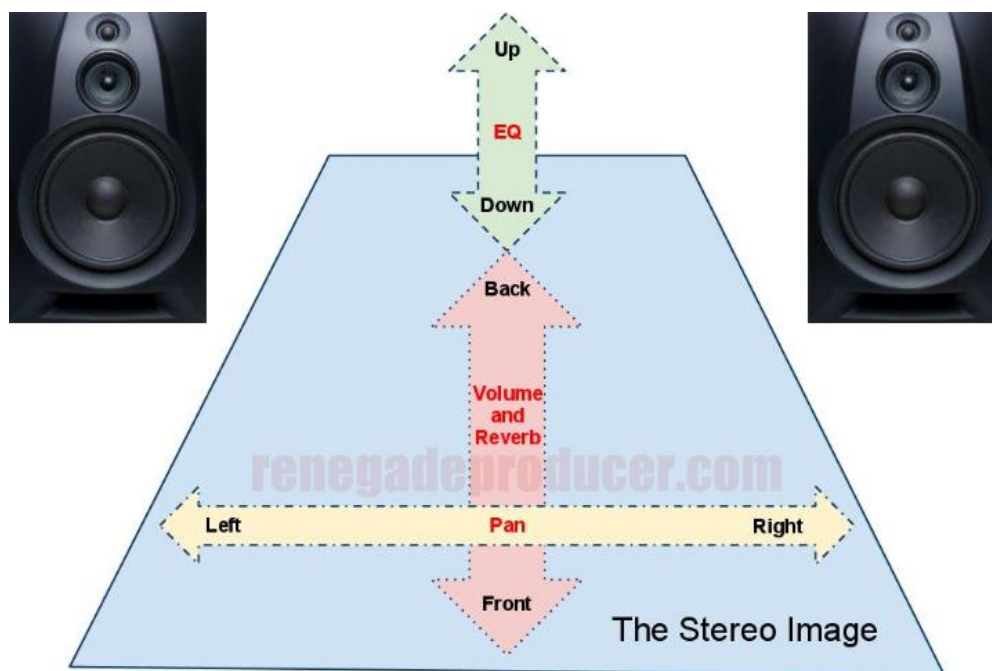


Figura 3.8. Dimensiones de la mezcla.

### **Dimensión horizontal**

La dimension horizontal se trabajará principalente con el control sobre la panoramización, también llamado *paneo* (adoptado del inglés “*panning*”). En la mayoría de entornos digitales dicho control se asociará a un potenciómetro identificado por las letras “PAN” o, en el caso de las superficies de control, podrá controlarse mediante joysticks o paneles táctiles. Lo habitual es situar en el centro los elementos principales como los diálogos y la música, dejando el espacio lateral para los efectos.

### **Dimensión vertical**

La sensación de verticalidad, por su parte, vendrá dada por la ecualización aplicada. De este modo, nuestro cerebro asociará los sonidos graves a zonas bajas y, por el contrario, los sonidos agudos a zonas más altas.

Esta labor será especialmente difícil por el hecho de que, independientemente de la sensación espacial que se busque, también habrá que tener especial cuidado con los posibles solapamientos que puedan producirse entre distintos sonidos cuyas frecuencias se encuentren próximas entre sí. Si se aplica incorrectamente una ecualización, el sonido percibido podría “ensuciarse” e incluso en algunos casos ciertos matices podrían perderse por completo.

### **Profundidad**

Podríamos entender esta profundidad como lo cerca o lejos que está cierto sonido respecto a nosotros, sensación que se conseguirá principalmente mediante el uso de una reverberación determinada (de aquí en adelante, acorde con la jerga del sector, la llamaremos *reverb*).

## **3.3.1 Ecualización**

La ecualización del sonido se basa, en definitiva, en la aplicación de distintos filtros con el fin de potenciar/atenuar ciertas frecuencias.

Podríamos dividir el espectro de frecuencias audibles en seis bandas de interés:

- Graves (25 a 120 Hz)
- Medios graves (120 a 350 Hz)
- Medios (350 Hz a 2 kHz)

- Medios agudos (2 a 8 kHz)
- Agudos (8 a 12 kHz)
- Agudos superiores (12 a 22 kHz)

Teniendo esto, la ecualización se podrá usar con tres finalidades principales:

En primer lugar, podemos querer reforzar cierta/s frecuencia/s importante/s. Por ejemplo, si en una determinada escena hay una explosión cercana, podría interesar reforzar las frecuencias graves con el fin de darle una mayor presencia e impacto.

El uso inverso también puede ser necesario, es decir, atenuar cierta frecuencia de cara al funcionamiento grupal de todas las pistas. Esto puede darse, por ejemplo, en la música. Cuando se mezclan las grabaciones de muchos instrumentos distintos, será más que probable que ciertas notas puedan enmascarse debido a que sean frecuencias cercanas entre sí. Ante esta situación, será necesario determinar quien debe tener el “protagonismo” a esa frecuencia y atenuar el elemento que no nos interese.

Por último, la ecualización puede ser necesaria para fines correctivos. Y es que por debajo de los 10 Hz y por encima de los 22 kHz raramente habrá información que nos sea de utilidad, pero sí podrá haber cierto nivel de ruido que estropee la mezcla. Ante esto, se aplicarán filtros paso alto y paso bajo para eliminar completamente toda la información en esas bandas.

### 3.3.2 Compresión

La compresión consiste en la reducción del rango dinámico del sonido. Esto es reducir el margen entre los niveles más bajos y más altos que alcanza una determinada señal de audio.

La compresión principalmente se usará para evitar cambios de nivel muy abruptos puesto que podrían causar molestia al espectador o, incluso en casos extremos, alcanzar un nivel de pico que pueda llegar a dañar el altavoz (para estos casos también es posible usar un **limitador**). Los principales parámetros que podremos encontrar a la hora de utilizar un compresor son:

- **Nivel de umbral (threshold):** es el nivel de señal en dB a partir del cual el compresor comienza a actuar.
- **Tiempo de ataque (attack):** es el tiempo que tarda la señal en comprimirse desde que se supera el umbral, medido en milisegundos.
- **Tiempo de liberación/relajación (release):** al contrario que el tiempo de ataque, el release hace referencia al tiempo que tarda la señal en volver a su estado original (sin comprimir).
- **Relación de compresión (ratio):** con este parámetro se especifica la “cantidad” de compresión que a aplicar. Por ejemplo, una relación 10:1 (diez a uno) es mayor que una compresión 3:1.

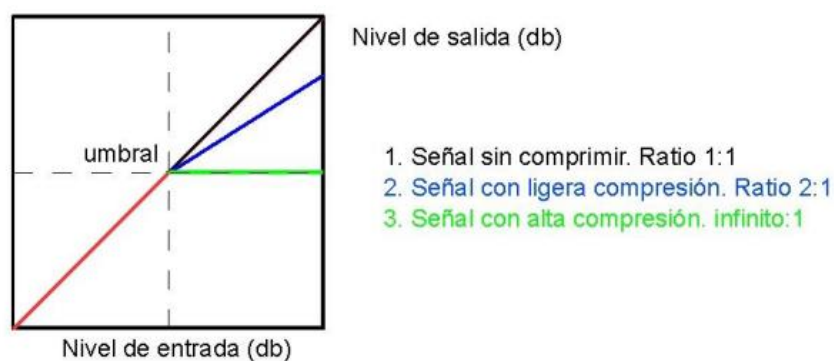


Figura 3.9. Representación gráfica de la relación de compresión.

La compresión debe aplicarse cuidadosamente puesto que la escucha prolongada de audio demasiado comprimido puede provocar fatiga auditiva.

### 3.3.3 Reverberación

La aplicación de una reverb determinada afecta, como decíamos anteriormente, a la profundidad del sonido. Y es que siguiendo la definición de reverberación que ya dábamos en el capítulo 2.2.3, un procesador (o un plugin) de reverb no hace más que simular distintas reflexiones del sonido con el fin de “situarlo” en un espacio de mayor o de menor tamaño.

Al igual que con la compresión, hay ciertos parámetros controlables en prácticamente todas las reverbs:

- **Tiempo de reverberación:** coincidiendo con la definición dada en el capítulo 2.2.3, a mayor tiempo de reverberación se tendrá la impresión de estar en un recinto más grande, mientras que un tiempo de reverberación bajo se asociará a una estancia pequeña.
- **Difusión:** este parámetro emula lo difusas que son las superficies de la sala hipotética en la que nos sitúa la reverb. Así pues, a mayor difusión más reflexiones serán las que se simulen.
- **Dry-Wet:** parámetro que se usa para ajustar la cantidad señal original que hay (dry) respecto a la cantidad de reverb (wet).

Un aspecto fundamental a la hora de trabajar con reverb es que todos los elementos de una misma pieza<sup>17</sup> deben tener una configuración de reverb similar para obtener la sensación de que el sonido es compacto y natural. De lo contrario, se tendría la sensación de que cada sonido proviene de un entorno completamente diferente y se perdería la inmersividad del conjunto.

### 3.3.4 Formas de abordar una mezcla 5.1

Aunque los fundamentos de mezcla multicanal serán los mismos que para las producciones convencionales en estéreo, el hecho de añadir los canales surround y LFE presenta nuevos retos dada una mayor libertad de posicionamiento del sonido.

En las producciones cinematográficas se reserva el uso de los canales frontales para los elementos principales como música y diálogo y los canales surround y LFE para los efectos.

#### CANALES FRONTALES

Mientras que en una mezcla estéreo sólo existe una posibilidad para obtener un sonido centrado, la cual consistiría en mezclar los canales L y R exactamente igual, en un sistema multicanal tenemos tres opciones:

- Crear un “centro fantasma”<sup>18</sup> como en las mezclas estéreo convencionales.
- Usar únicamente el canal central.
- Usar los tres canales en la misma proporción o con cierta variación entre ellos.

Cada estrategia tiene ventajas e inconvenientes. Por ejemplo, la primera de ellas puede resultar la más sencilla de llevar a cabo debido a los años de experiencia en su aplicación, pero requiere que el espectador esté situado exactamente a la misma distancia de los altavoces L y R, situación que tan sólo se dará comúnmente en los hogares.

---

<sup>17</sup> Entiéndase “pieza” en este contexto como una agrupación de elementos sonoros que conforman un grupo. Podría ser entonces una canción con distintos instrumentos o bien el conjunto de sonidos (diálogo, efectos...) de una escena determinada en una película.

<sup>18</sup> Del inglés “phantom center”, se define como la sensación de que un sonido proviene de un centro hipotético situado entre dos altavoces de los cuales nos llega exactamente la misma señal al mismo tiempo.

Usar únicamente el canal central ofrecerá, lógicamente, un sonido completamente centrado para cualquier espectador independientemente de donde se sitúe. El principal problema de esta técnica es que el sonido puede acabar muy concentrado en un solo punto, perdiendo así sensación de inmersividad. Esa desventaja puede salvarse paneando la reverb del canal central a izquierda y derecha.

Por último, distribuir el sonido entre los tres canales nos da control total sobre el espaciamiento del mismo. De este modo, podemos combinar técnicas como crear un centro fantasma y añadirle cierta cantidad de señal al canal central a modo de refuerzo; o bien se puede usar el canal central como fuente principal de la señal y reforzarla con cierta expansión hacia los canales L y R. Aunque esta técnica es la que más exprime las características del sistema, también es la más complicada puesto que requiere de una instalación de los altavoces muy precisa, así como una mezcla más minuciosa.

### **CANALES SURROUND**

En su documento “*5.1 channel production guidelines*”, Dolby declara: *«los canales surround, más que para distraer, deben usarse para reforzar la experiencia general»*.

Y es que, ya sea en producciones musicales o cinematográficas, los canales surround son una vía para que cada productor represente la información adicional que considere necesaria. Así pues, en el caso del cine se usarán para los efectos que pretendan otorgar más inmersividad al sonido general, no existiendo unas indicaciones concretas sobre cómo tratar dicho sonido.

### **CANAL LFE**

Hay que aclarar que, cuando hablamos del canal LFE no nos tenemos que referir necesariamente a la señal del subwoofer. El canal LFE es un ancho de banda determinado que el ingeniero de mezcla tratará de manera individual.

En caso de que nuestro sistema de audio en cuestión no disponga de un subwoofer, la señal proveniente del canal LFE se repartirá entre los cinco canales principales o, en su defecto, entre los altavoces más indicados para reproducirla (usualmente el par estéreo). Si nuestro sistema dispone de un subwoofer, la señal del mismo se generará mediante el proceso de *Bass Management*, el cual cogerá todos los graves existentes en el resto de canales o combinación de ellos.

Respecto al proceso de mezcla, la única recomendación que da Dolby es aplicar un filtro paso bajo a partir de los 80 Hz.

# 4 DISEÑO TEÓRICO DEL ESTUDIO

En este capítulo trataremos de poner en práctica todos los conceptos que se han ido presentando a lo largo del trabajo. Para ello, nos serviremos de toda la normativa y recomendaciones ya mencionadas en capítulos anteriores y del software EASE, mediante el cual simularemos el diseño de nuestro estudio y podremos comprobar el funcionamiento acústico del recinto.

## 4.1 Diseño arquitectónico

A la hora de determinar la forma del estudio, hemos tenido en cuenta dos aspectos principales: por un lado, se han buscado superficies no paralelas entre sí para evitar los modos propios de la sala; por el otro, interesaba contar con un espacio amplio y una reverberación moderada para así disponer de un entorno realista. Debido a este último motivo, se descartó inmediatamente el diseño Non-environment y nos decidimos por seguir la filosofía del modelo RFZ.

Con todo esto, propusimos un recinto con planta en forma de hexágono irregular con las siguientes medidas (las cuales cumplen con las recomendaciones dadas por la EBU):

Longitud (m)	9.5
Anchura mayor (m)	9.5
Anchura intermedia (m)	8.312
Anchura menor (m)	5.598
Altura (m)	3.5
Volumen (m <sup>3</sup> )	263.69

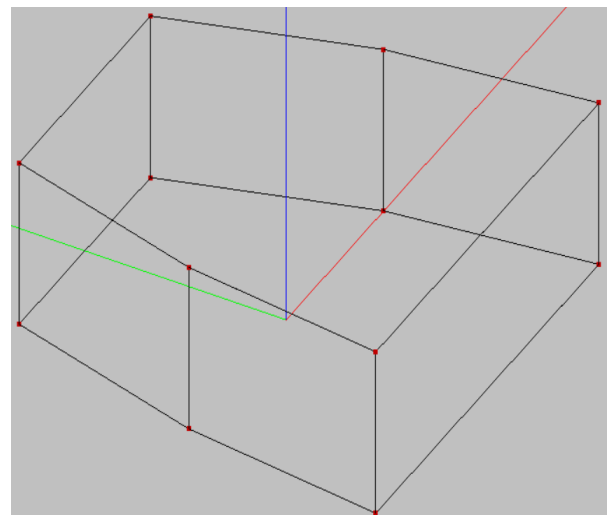
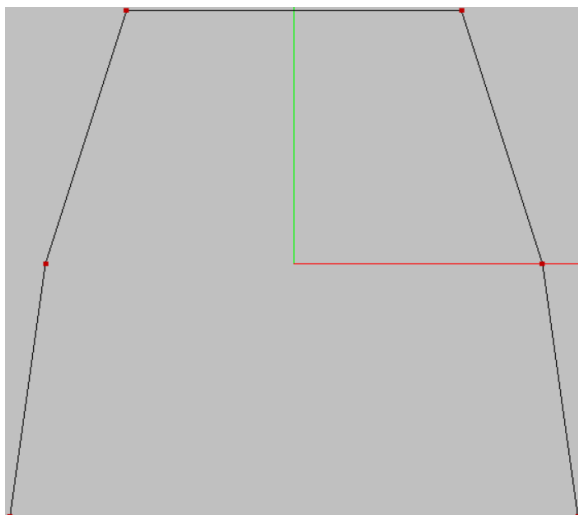
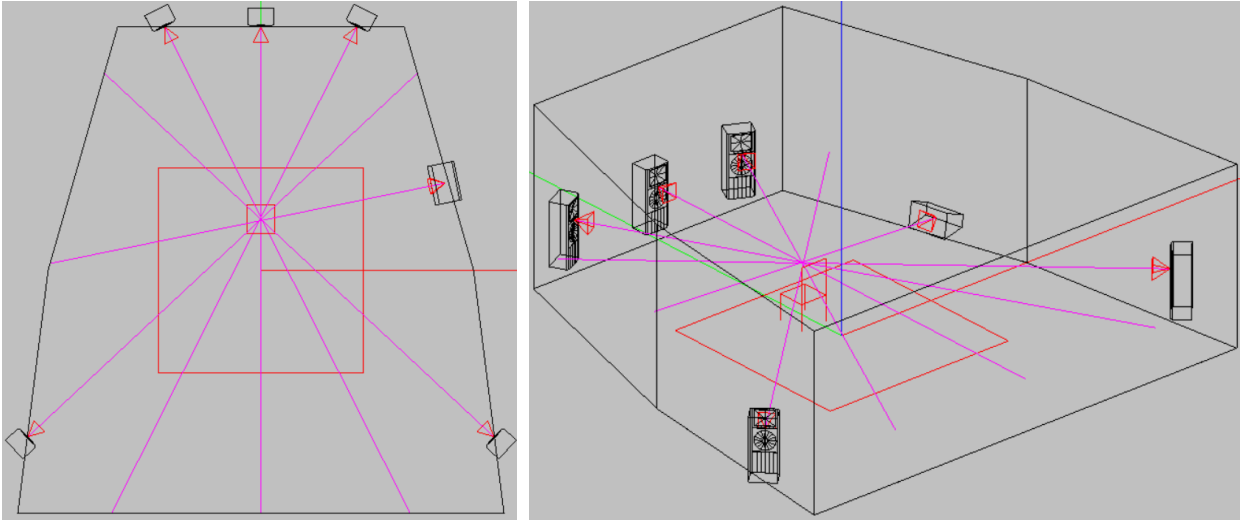


Figura 4.1. Recinto diseñado.

Tras esto, guiándonos por la Recomendación ITU-R BS.775 posicionamos los seis altavoces respecto al punto de referencia:



**Figura 4.2.** Posición de los altavoces en la sala.

A modo de aclaración para el lector, la silla que aparece en la Figura 4.2 es el punto de escucha de referencia (donde se supone que estará el ingeniero de mezcla) y el cuadrado situado debajo es la llamada “área de escucha”. Esta zona será la que el software EASE tenga en cuenta a la hora de realizar los cálculos de los parámetros acústicos.

Como se puede observar, en la pared frontal se encuentran los altavoces central, L y R; a la espalda del punto de referencia se sitúan los altavoces surround y a su derecha está el subwoofer.

## 4.2 Diseño acústico

En este punto hemos de aclarar que, puesto que este trabajo se trata de un análisis teórico, no se ha pensado en una localización exacta para el estudio de postproducción. Esto quiere decir que, al no estar situado en un entorno determinado, no se ha planteado ningún análisis para el aislamiento acústico del recinto y nos hemos centrado en el acondicionamiento del mismo. En caso de querer estudiar el aislamiento del estudio, debe usarse como referencia de medición de ruido de fondo la curva propuesta por la EBU en la norma TECH3276 (ver Figura 2.9). Si además se busca la aprobación de Dolby, habría que usar como referencia la curva NC25 contenida en la norma ISO9568.

A la hora de plantear el diseño acústico nos hemos centrado en los siguientes parámetros: tiempo de reverberación de la sala, nivel de escucha y respuesta operacional de la sala.

### 4.2.1 Tiempo de reverberación

Una vez diseñada la arquitectura del estudio, nos planteamos los materiales con los que tratar cada superficie en la simulación de cara a obtener un TR válido. Para esto, nos servimos de la fórmula propuesta por la EBU para hallar en valor nominal (en EASE llamado valor “deseado”):

$$T_m = 0.25 \left( \frac{V}{V_0} \right)^{1/3} s$$



Recordemos que en la fórmula anterior  $V_0$  es un volumen de referencia de  $100 \text{ m}^3$  y en nuestro caso  $V$  será igual a  $263.69 \text{ m}^3$ . De este modo, obtenemos un valor nominal de 0.345 segundos que nos servirá más adelante para comprobar gráficamente si el TR de nuestra sala cumple lo establecido en la norma de la EBU.

Seguidamente, y tras un largo proceso de prueba y error, dimos con una combinación de materiales que daba resultados bastante satisfactorios:

## **TECHO**

Techo de plafones Ultima, de la marca Armstrong.

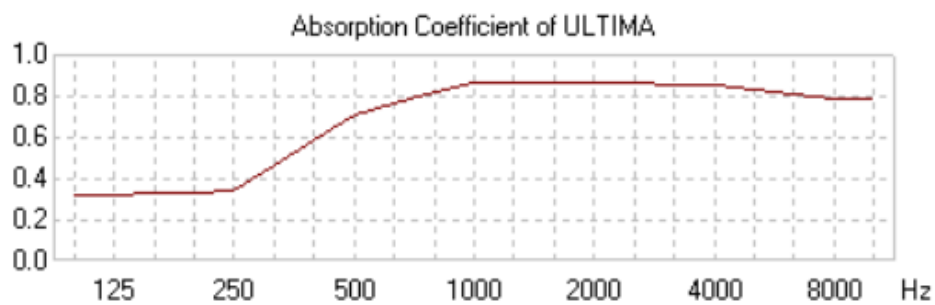


Figura 4.3. Coeficiente de absorción del techo.

## **PAREDES LATERALES DELANTERAS**

Difusores Diffractal de la marca RPG.

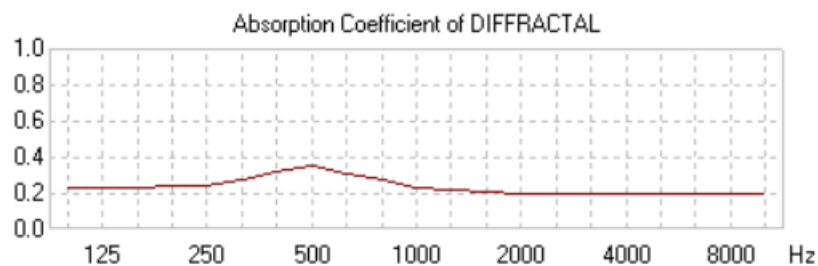


Figura 4.4. Coeficiente de absorción de las paredes laterales delanteras.

## **PAREDES LATERALES TRASERAS**

Madera contrachapada.

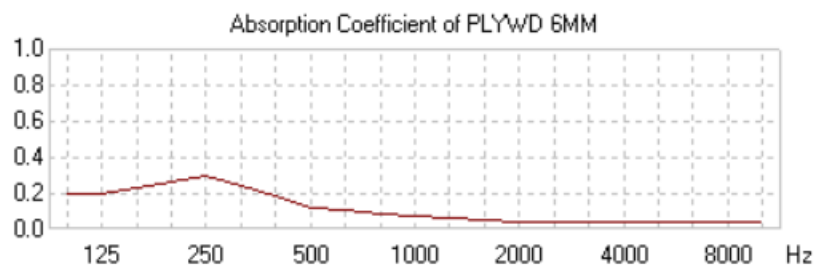


Figura 4.5. Coeficiente de absorción de las paredes laterales traseras.

### **PARED FRONTAL**

Material absorbente Abbfusor de la marca RPG.

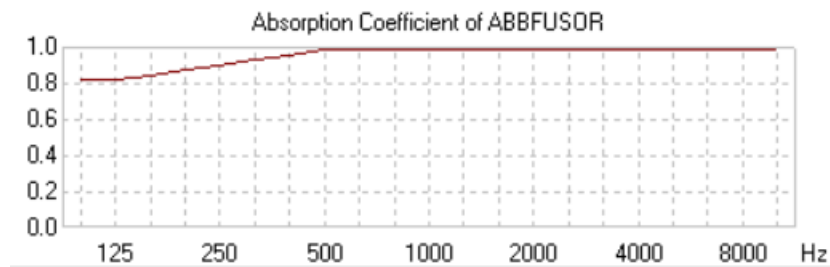


Figura 4.6. Coeficiente de absorción de la pared frontal.

### **PARED TRASERA**

Difusores RPG.

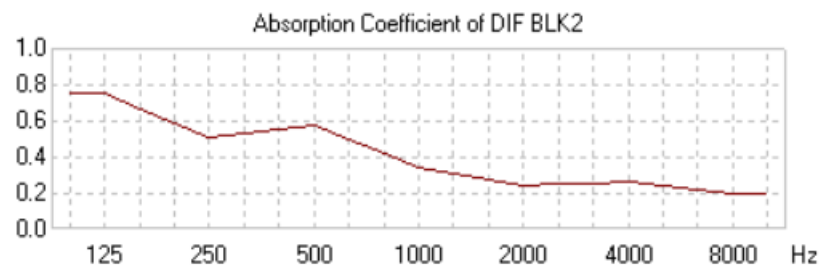


Figura 4.7. Coeficiente de absorción de la pared trasera.

### **SUELO**

Parquet.

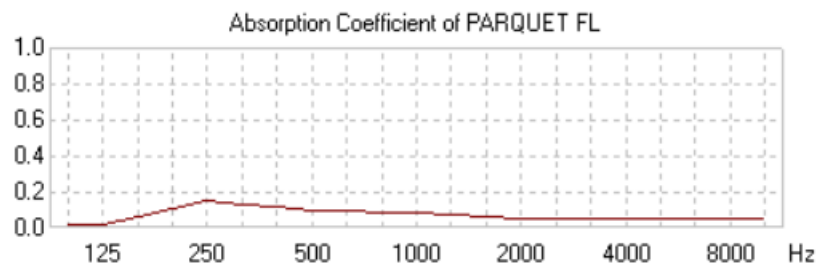


Figura 4.8. Coeficiente de absorción del suelo.

Tras haber aplicado todos los materiales a sus superficies correspondientes, procedimos a analizar el TR de la sala con EASE. Para ello, tan solo tuvimos que indicar el TR nominal calculado anteriormente e indicar que se usara la fórmula de Eyring para realizar los cálculos puesto que el coeficiente de absorción medio de nuestra sala era mayor que 0.2 segundos. Como se puede observar en la Figura 4.9, donde hemos extrapolado los resultados con la curva de referencia de la EBU, cumplimos con los límites de tolerancia satisfactoriamente. Además, fijándonos en las recomendaciones de Dolby, vemos que para el volumen de nuestra sala el TR a 500 Hz debería estar entre los 0.18 y 0.35 segundos, condición que cumplimos con un valor de 0.29 segundos.

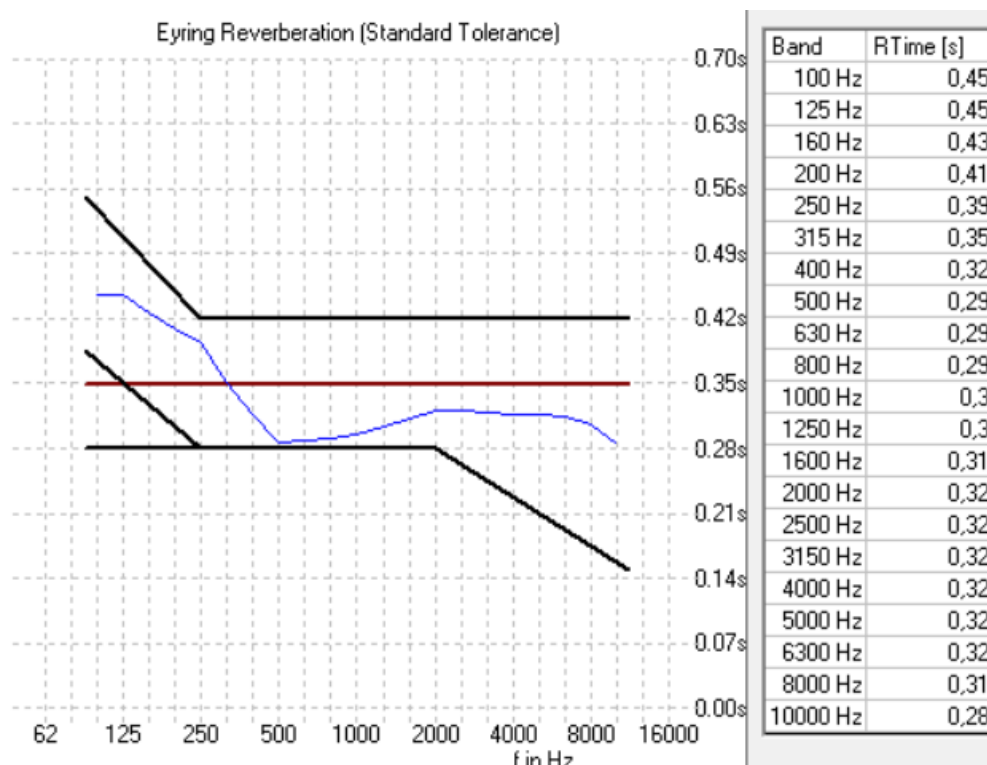


Figura 4.9. TR de la sala.

## 4.2.2 Nivel de escucha

En lo que al nivel de escucha respecta, nos guiamos fundamentalmente por las recomendaciones de Dolby viendo que eran más exigentes.

Puesto que desde el principio hemos tenido completa libertad de elección en el diseño y lo hemos hecho basándonos en la normativa internacional y recomendaciones de Dolby, fue en este punto cuando nos pudimos fijar en la relación directa entre una correcta colocación de los altavoces y la calidad del sonido percibido, puesto que tan solo fue necesaria una ligera corrección en la ecualización de los altavoces (hablaremos de ella cuando tratemos la respuesta operacional de la sala) para obtener los resultados deseados.

Tras realizar el mapeado de la sala y analizar el SPL directo en el punto de escucha, obtuvimos los siguientes resultados:

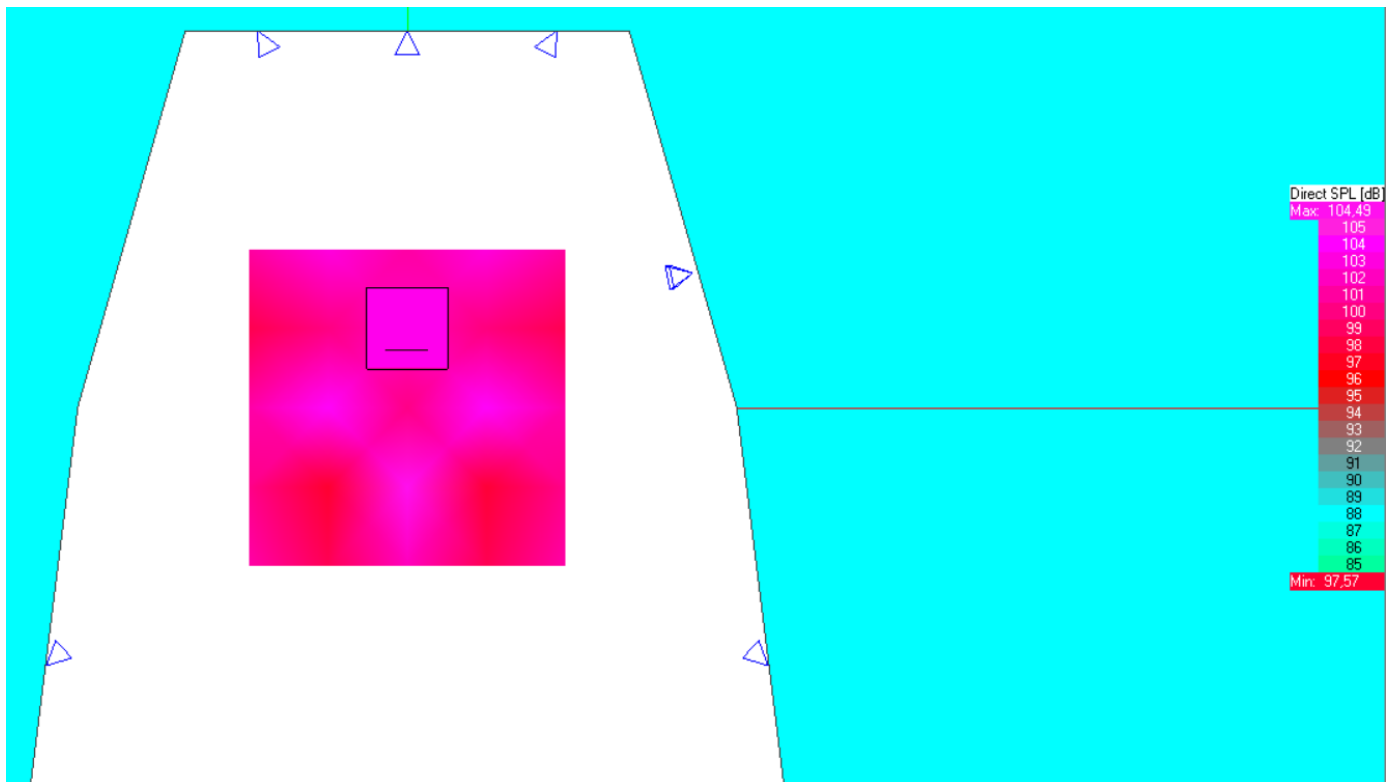


Figura 4.10. SPL directo producido por los altavoces frontales y surround conjuntamente.

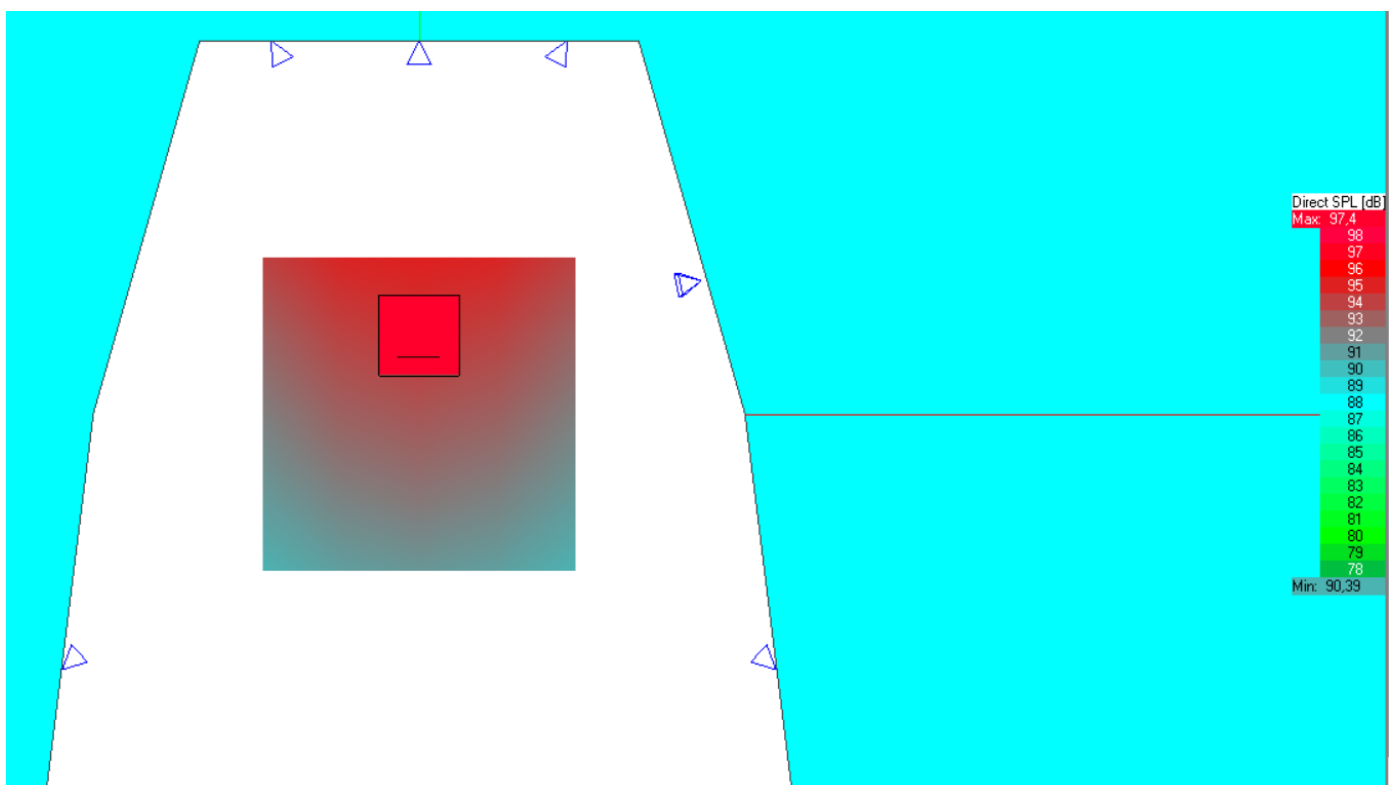


Figura 4.11. SPL directo producido por cada altavoz frontal.

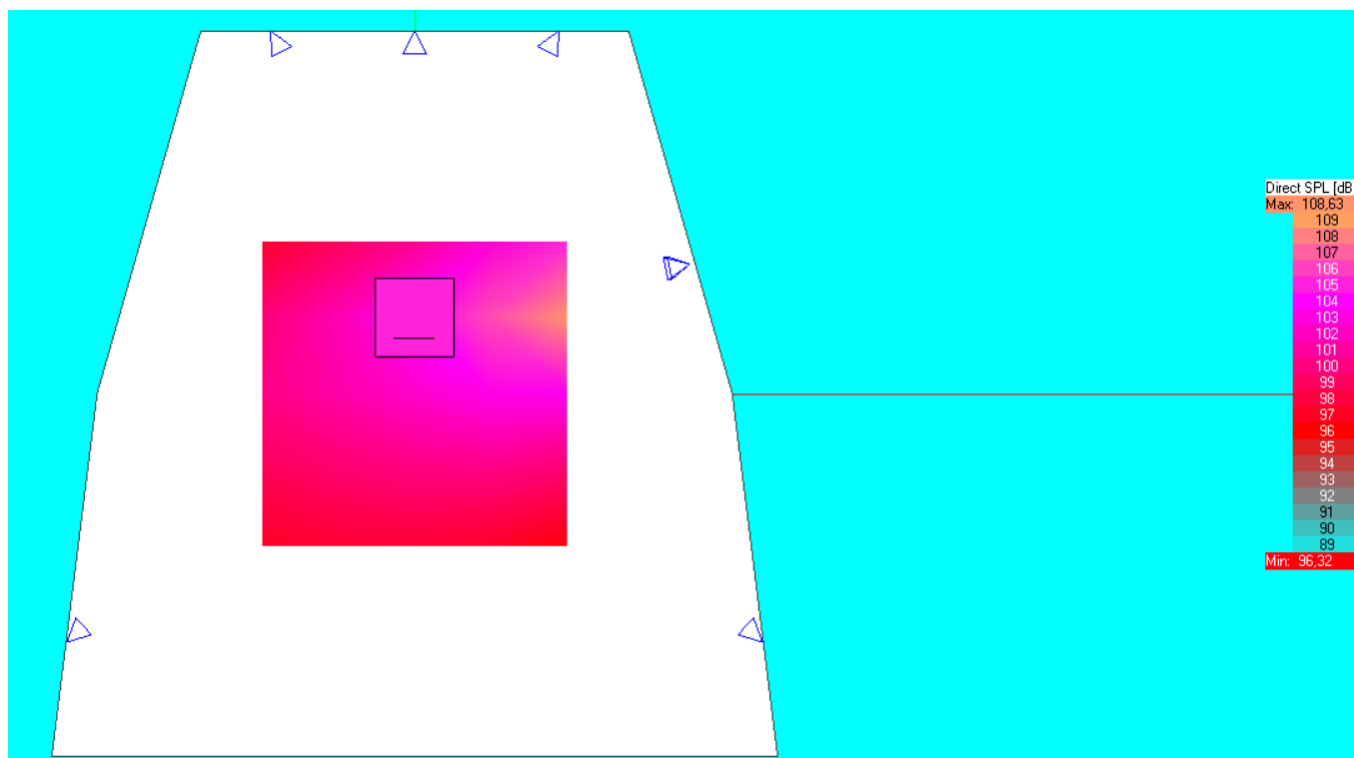


Figura 4.12. SPL directo producido por el subwoofer.

Como podemos comprobar, cumplimos con todas las recomendaciones que da Dolby:

- En el punto de referencia y procedente de los altavoces frontales y surround conjuntamente se obtiene un SPL directo máximo de 104 dB, cumpliendo así la condición de obtener un SPL máximo comprendido entre 103 y 105 dB.
- Por su parte, los altavoces frontales ofrecen un SPL máximo (individualmente) comprendido entre 96 y 97 dB<sup>19</sup>, siendo este valor 10 dB menor que los 106 dB máximos en el punto de escucha ofrecidos por el subwoofer.

Además, si nos fijamos en el diagrama de radiación producido por los altavoces frontales y surround conjuntamente, podemos observar que tiene una distribución bastante homogénea, siendo constante en el punto de escucha de referencia y con unas variaciones de tan sólo 5 dB en los puntos del área de escucha con menor cobertura. Esto nos indica que se ha conseguido un buen tratamiento de las primeras reflexiones gracias a los materiales escogidos para cada superficie, ya que no se producen interferencias destructivas que influyan notablemente en el sonido directo percibido.

<sup>19</sup> Debemos aclarar que tan sólo hemos incluido la imagen del SPL directo producido por el altavoz central puesto que los altavoces L y R ofrecían una respuesta similar salvo por unos ligeros cambios en el patrón de radiación debido a su colocación. La diferencia del SPL máximo con respecto al altavoz central no supera los 0.5 dB.

### 4.2.3 Respuesta operacional de la sala

Previo a realizar las mediciones relativas a las respuestas operacionales de los canales frontales y surround, realizamos una ecualización de los mismos siguiendo las recomendaciones de la EBU. De este modo, los tres altavoces frontales se ecualizaron igual (ver Figura 4.13), y por su parte los dos altavoces surround también están igual ecualizados (ver Figura 4.14).

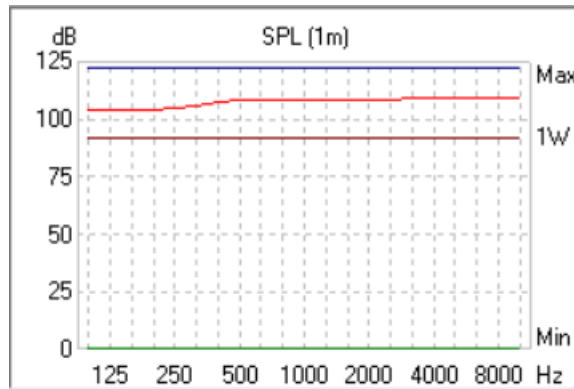


Figura 4.13. Ecualización aplicada a los altavoces frontales.

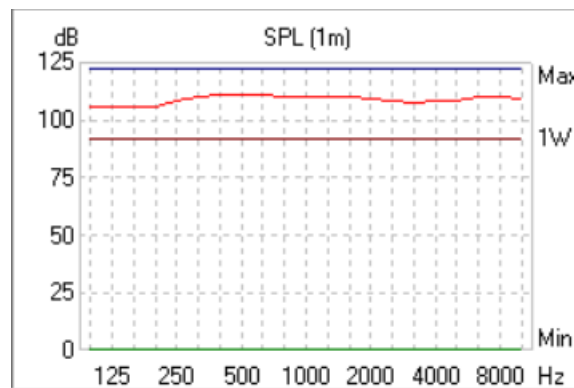


Figura 4.14. Ecualización aplicada en los altavoces surround.

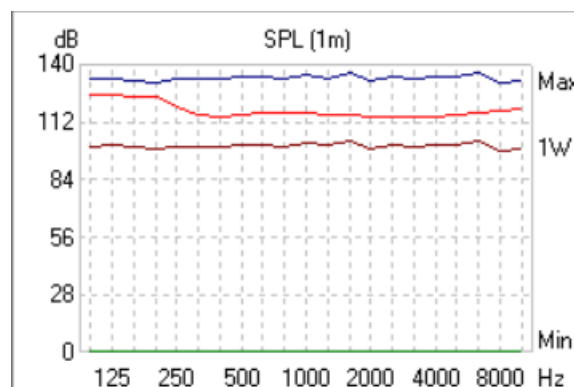


Figura 4.15. Ecualización aplicada al subgrave.

En los altavoces frontales nos centramos en potenciar las frecuencias a partir de los 250 Hz, dando así protagonismo a todos los sonidos que puedan estar asociados a diálogos o bien a efectos a frecuencias medias y agudas. Por su parte, en los altavoces surround hemos aplicado la misma lógica, pero atenuando la zona en torno a los 4 kHz, ya que hemos supuesto que dichos canales se utilizarían únicamente para reforzar efectos pero no para diálogos, por lo que dicho margen de frecuencias podría entrar en conflicto con los altavoces frontales. Para terminar, en el canal LFE hemos potenciado todas las frecuencias anteriores a 250 Hz y atenuado el resto, dedicando este canal así a los efectos de baja frecuencia.

Una vez terminada la ecualización, hemos estudiado la respuesta operacional de los altavoces frontales y de los surround:

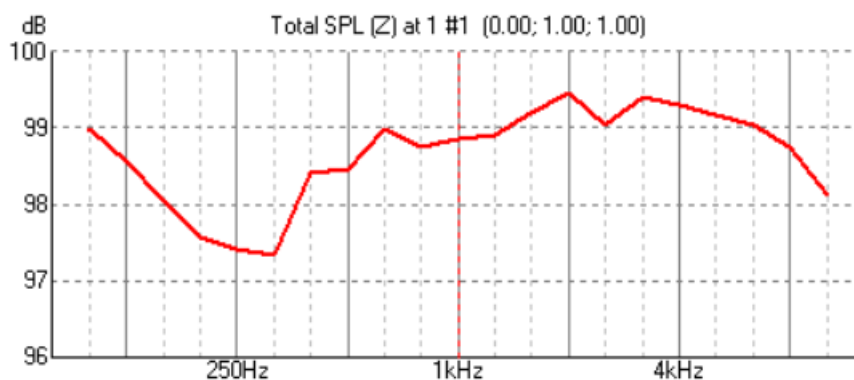


Figura 4.16. Respuesta operacional de los altavoces frontales<sup>20</sup>.

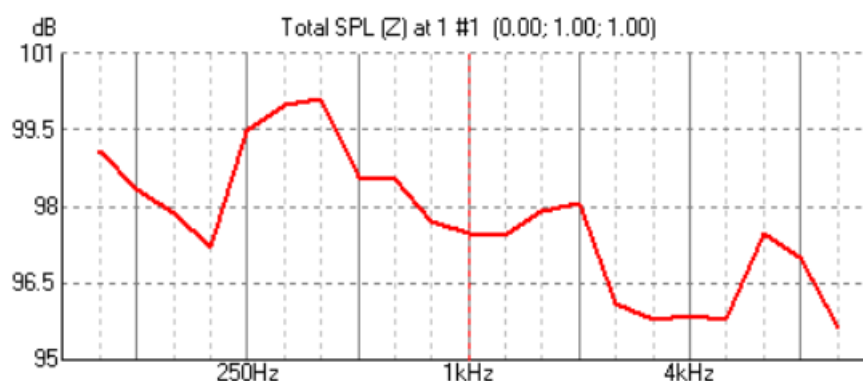


Figura 4.17. Respuesta operacional de los altavoces surround.

Como podemos comprobar, ambas respuestas cumplen con los límites de tolerancia establecidos por la EBU, siendo la diferencia entre sus valores máximo y mínimo menor que 6 dB.

<sup>20</sup> Los tres altavoces frontales ofrecen una respuesta similar, por eso solo mostramos una.

### 4.3 Equipamiento propuesto

Por último, haremos una propuesta del equipamiento principal con el que dotaríamos al estudio. En esta propuesta incluiremos: sistema de altavoces, amplificación y herramientas software.

#### **ALTAVOCES Y AMPLIFICACIÓN**

Para esta simulación en EASE nos hemos servido de los altavoces JBL M2 para los cinco canales principales. Para su correcta instalación en el estudio, se debe usar en cada uno de ellos una etapa de potencia Crown I-Tech 5000HD, controlables por ordenador mediante el protocolo HiQnet de Harman.

Para las frecuencias graves, nos hemos servido del altavoz Electro-Voice EVF-1152S, para el cual se propone una etapa de potencia Crown DCi 21250.

#### **HERRAMIENTAS SOFTWARE**

En lo que respecta al uso de herramientas software, proponemos el uso de Pro Tools como DAW ya que es el estándar en la industria cinematográfica. En el caso de usarlo en un sistema operativo Windows, los requisitos mínimos del sistema serían:

- Windows 7 64-bits, Windows 8/8.1 64-bits o Windows 10 64-bits.
- Procesador Intel Core i5.
- 16 GB de RAM (recomendados 32GB).
- Conexión a internet.
- 15 GB de espacio libre de almacenamiento.

El equipo también contaría con el DME y el DRP de Dolby instalados, de cara a poder reproducir y codificar contenido en Dolby Digital. Para terminar, se podría añadir una controladora digital Avid S6 para la realización de las mezclas.

Todas las hojas técnicas del equipamiento propuesto en este apartado podrán encontrarse en el Anexo A.



## 5 CONCLUSIONES

---

En el presente trabajo hemos tenido la oportunidad de acercarnos al mundo audiovisual plateándonos cómo se diseña un estudio de postproducción de audio para cine. Esta ha sido una gran cuestión inicial puesto que inmediatamente nos ha hecho pensar en los sistemas de audio multicanal, presentes en todos los cines y cada día en más hogares. De este modo, partíamos de un punto realmente interesante en el que se nos planteaban dos cuestiones principales: ¿Cómo se diseña un estudio de postproducción de audio? ¿Existen particularidades para producir contenido cinematográfico en audio multicanal?

Esto nos ha llevado a indagar en la historia del audio en el cine, los sistemas multicanal y su desarrollo hasta nuestros días, llegando a comprender así el proceso de diseño de los estudios de postproducción. Desde el comienzo se tuvo claro que el objetivo final sería diseñar un estudio intentando acercarnos lo máximo posible a la realidad, camino que nos ha llevado a conocer toda la regulación aplicable en este campo e incluso poder contrastarla con las recomendaciones de Dolby Technologies. Como resultado hemos obtenido un trabajo que combina múltiples disciplinas tales como la Ingeniería Acústica, la Producción Audiovisual o el Procesamiento de Audio Digital.

Si bien consideramos que la realización de este trabajo ha supuesto un buen acercamiento a un proyecto de diseño real, también podemos enumerar ciertos aspectos que nos hacen darnos cuenta del carácter teórico del estudio propuesto:

- Al no haber considerado una ubicación real para nuestro estudio, el aislamineto acústico del mismo no se ha contemplado. Como es obvio, este sería un análisis necesario en un caso real e influiría en el diseño general del estudio.
- Tampoco se ha tenido en cuenta ninguna limitación de presupuesto, aspecto que sin duda es decisivo a la hora de buscar la mejor solución posible dentro de un precio determinado.
- Al realizar la simulación con EASE hemos podido comprobar que el software no trabaja frecuencias por debajo de los 150 Hz. En una medición real estas frecuencias podrían ser relevantes a la hora de elegir el tratamiento acústico a aplicar.
- Por último, no se ha planteado la instalación eléctrica ni de comunicaciones del estudio al salirse del ámbito principal que pretendíamos abarcar. No obstante, es muy probable que en un estudio se realicen las tiradas de cableado de audio por la pared o falso techo, donde coindirían con cableado eléctrico que podría producir interferencias; por lo que finalmente la instalación eléctrica e ICT<sup>21</sup> deberían tenerse en cuenta.

El hecho de habernos basado tanto en la normativa internacional así como en las recomendaciones de Dolby nos ha hecho darnos cuenta de dos cosas: por un lado, las diferencias entre ambas no son demasiado notables, consistiendo las recomendaciones de Dolby en obtener unos valores algo más precisos en los parámetros de interés, por lo que cabe pensar que un estudio que inicialmente cumpla la normativa internacional no debería tener demasiados problemas en caso de querer habilitarse para realizar mezclas en Dolby Digital. Por otro lado, también es cierto que la documentación relativa a los requisitos que marca Dolby no es demasiado extensa ni se actualiza de manera regular, de modo que el haber usado ambas fuentes de información nos ha permitido obtener un resultado más contrastado.

---

<sup>21</sup> Infraestructura Común de Telecomunicaciones.



## ANEXO A: HOJAS TÉCNICAS

---

# M2 MASTER REFERENCE MONITOR





# Innovation Through Meticulous Attention to Detail

The core philosophy behind JBL's long history of audio innovation is based on meticulous attention to every detail of system design. If the wire needed for a new voice coil isn't available, JBL develops it. If a tool or technology doesn't exist, JBL invents it. This uncompromising commitment to the goal drives the development of every new product and technology that bears the JBL logo. In recent years, audio engineers have developed new work methods and have migrated to new work environments. Responding to the call for greater accuracy and dynamic range in this new breed of music and post production work spaces, JBL engineers developed the new M2 Master Reference Monitor. Breaking free of the conventional, the M2 incorporates numerous patented innovations to deliver unprecedented performance and a truly remarkable listening experience. Conceived and purpose built for modern recording and post production, the M2 was created so you can exercise your own meticulous attention to detail.

## The Demand for Next Generation Studio Monitors

Today's sophisticated music production is carried out in a broad range of spaces. Until now, the availability of a big, impressive, yet highly accurate monitoring experience, has been limited to purpose-built control rooms. Lacking the space, infrastructure and resources to effectively integrate large systems into their production environments, professional project studios are forced to rely on the use of near-field monitors.

As small and medium sized rooms play an increasingly significant role in cinema and broadcast content creation, high dynamic range and accuracy are required from a speaker system with a modest foot print. While JBL Screen Array® speakers are the standard on cinema mix stages, they are too large for use in smaller rooms, but near-field studio monitors don't provide the required acoustic output or dynamic range for re-mix of dramatic content.

Bringing a fresh perspective to the realities of this new production environment, JBL developed new technology to take monitoring to the next level.

## The Solution: The **M2** Master Reference Monitor

Addressing the growing need for high dynamic range and reference-monitor accuracy in a broad range of studios, JBL has developed the M2 Master Reference Monitor: a free-standing, 2-way system that can be placed in any environment to provide an exceptionally accurate monitoring experience. Leveraging a new generation of JBL high-output, ultra-low distortion transducers, the M2 provides in-room frequency response of 20 Hz to 40 kHz, and an extraordinary 123 dB maximum SPL to meet the demanding music, cinema and broadcast production requirements for impactful dynamic range.

In a compact form-factor, the M2 integrates three key components that work in harmony to deliver unparalleled performance. At the heart of the system, JBL's patented D2 high frequency and 2216Nd low frequency transducers are the engines that make this possible. Using a revolutionary design, the D2 produces smooth, extended high frequency response with ultra-low distortion whether listening at very high or subtle levels. Using patented technology, the remarkable 2216Nd woofer offers deep bass extension and very low power compression, even at its full-rated output. In spite of the M2's minimal footprint, its exceptional low frequency response eliminates the need for a subwoofer.





The unique Image Control waveguide completes the acoustic design. A marvel of engineering in its own right, this new JBL waveguide was designed specifically for the M2. Allowing an acoustically seamless transition between the woofer and high frequency driver, it produces exceptional imaging and delivers rich detail to a broad area of the room.

These unique components make possible a two-way design with an unprecedented level of performance, utilizing a single seamless cross-over point that reduces system complexity and allows a compact form-factor for flexibility of placement in the room.

Crown® Power Amplifiers with internal floating-point DSP are used to bi-amplify and tune each speaker, optimizing the M2's performance in any room.

The M2 brings a world-class, big monitoring experience with a new level of accuracy to a broad range of production spaces. For rooms wishing to step up, the M2 is a game changer.



Compared with traditional high frequency components, the annular design of the D2 diaphragms dramatically reduce distortion resulting in audibly superior fidelity.

## D2 Dual Diaphragm, Dual Voice-Coil Compression Driver

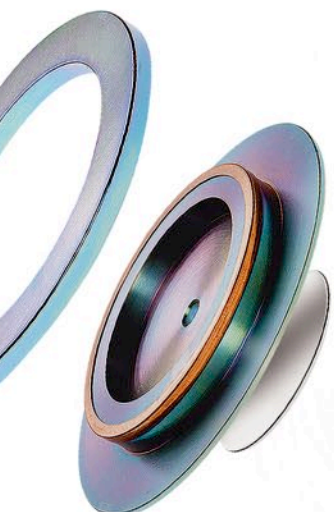
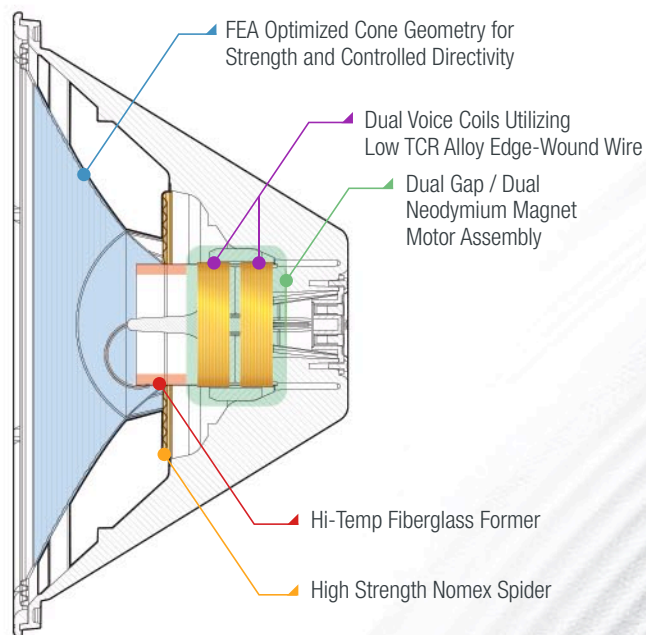
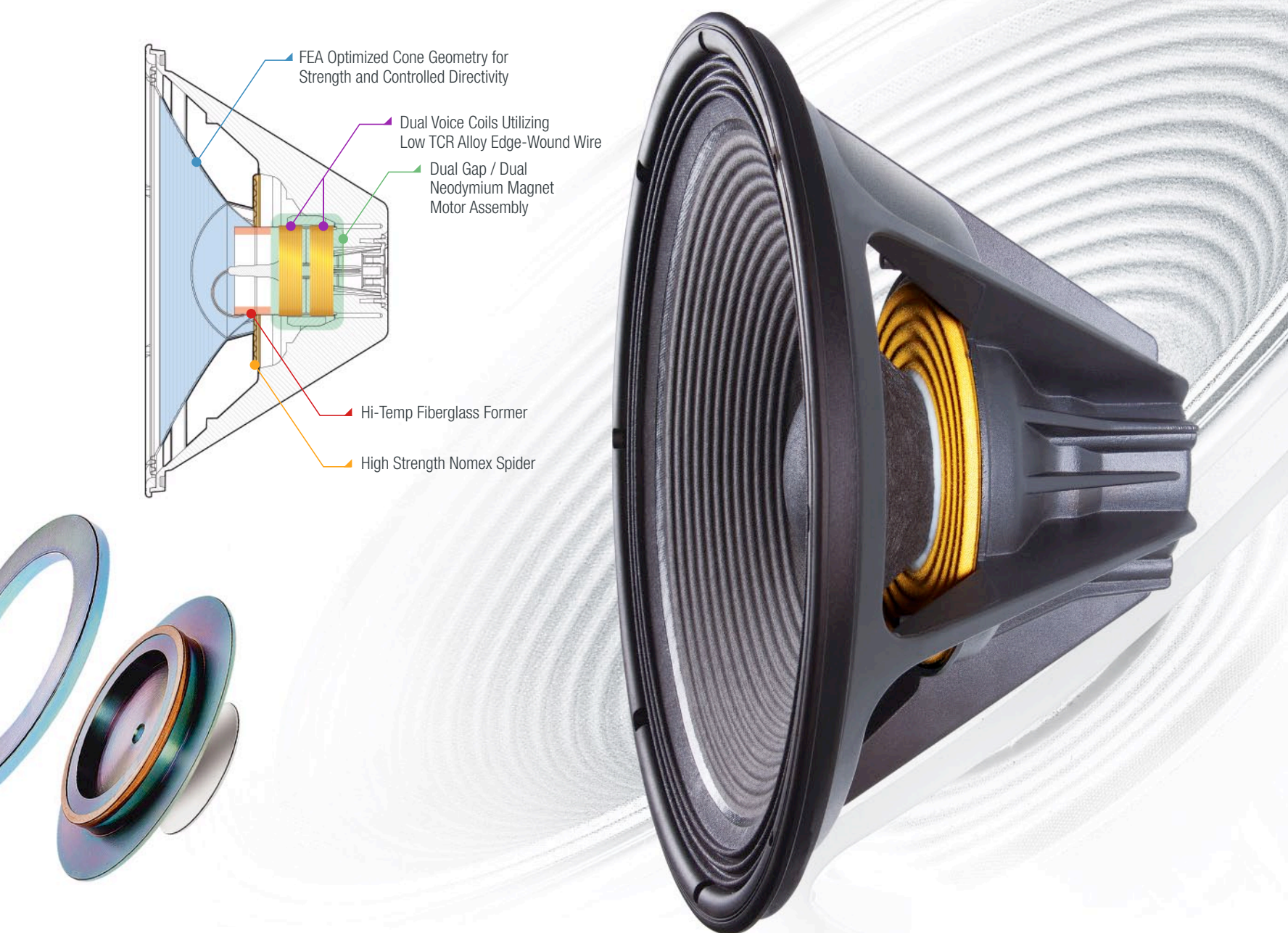
The Ultimate High Frequency Driver for Critical Reference Monitoring

Extended HF Reproduction   Smooth Response   High Power Handling

Measurably Lower Distortion   Reduced Power Compression   Increased Dynamic Headroom

Exceptional system performance requires extraordinary components. To achieve their groundbreaking objectives, the M2 design engineers capitalized on new, patented JBL technology in the D2 Dual Driver, a revolutionary device developed by JBL to deliver dramatically superior high frequency response. The D2 dual driver design allows the M2 to meet seemingly opposing objectives: extended high frequency, very low distortion and very high output. Central to this innovative solution are two key developments. First: the use of an annular diaphragm, not subject to the break up modes of a conventional dome diaphragm. Second: the merging of two drivers into a single, compact transducer with a single acoustical output. Instead of the large and heavy metal dome diaphragm of a conventional compression driver, the D2430K uses two annular low-mass polymer diaphragms offering the same radiating area as a conventional 3-inch dome. Two separate 3-inch voice coils driven by their own magnet structures share the burden of heat transfer, resulting in a dramatic increase of output and power handling. The result is a high frequency transducer that produces smoother, extended high frequency response to 40 kHz and significantly lower levels of nonlinear distortion. Well-validated by objective measurements, the D2430K's superior sound quality has also been verified through exhaustive subjective listening by leading industry experts.





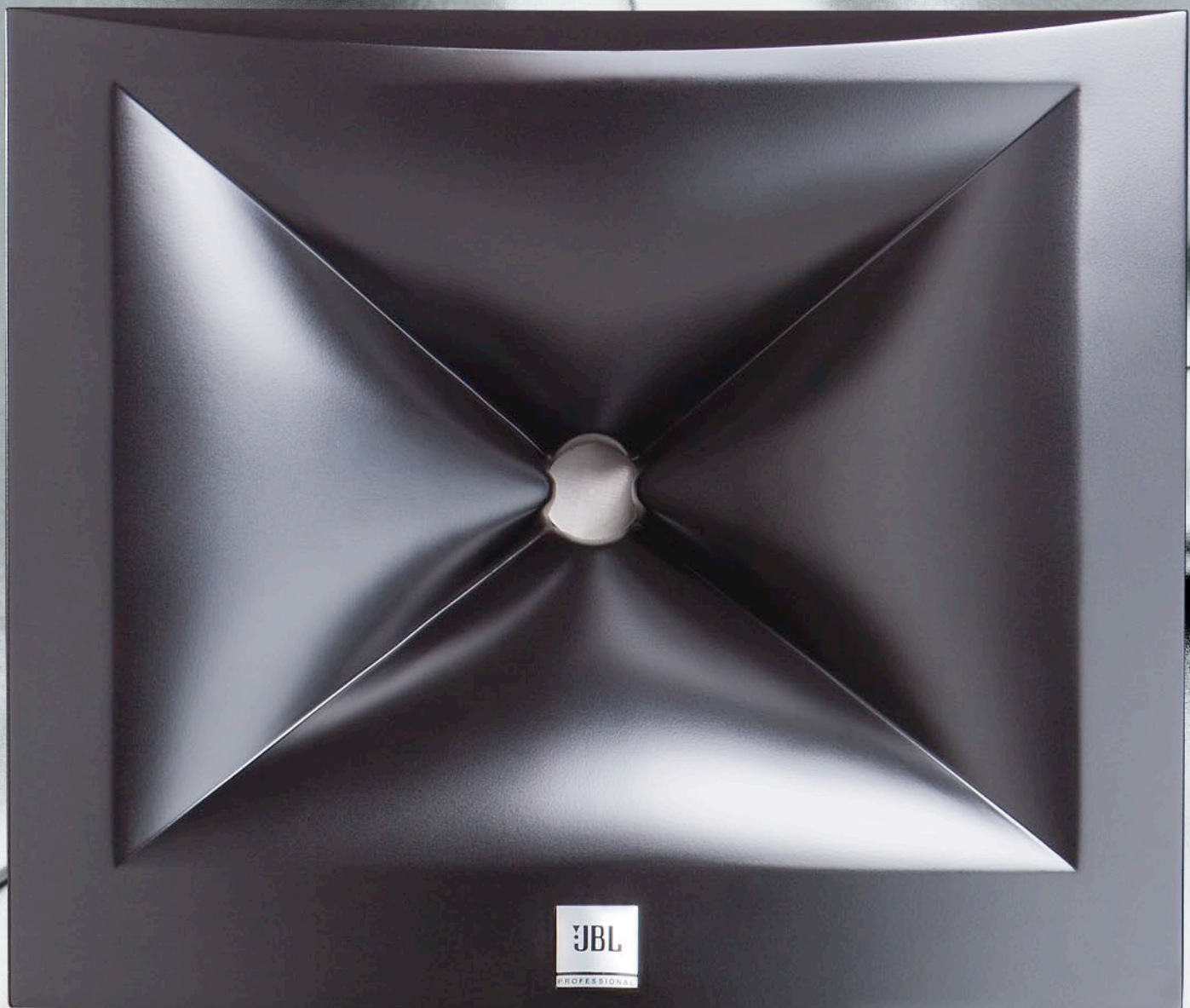
## 2216Nd

### Differential Drive® Woofer

Exceptional Low Frequency Extension    High Output  
Very Low Power Compression    Very Low Distortion

Achieving extended, rich low frequency performance within the M2 system design parameters required additional JBL engineering innovations, and the 2216Nd in the M2 is no “off-the-shelf” woofer. It employs no less than five patented technologies to allow bass extension to the limits of the audible range, and high output, free of power compression that is detrimental to a system’s low frequency performance. Echoing the “dual driver” design of the D2, the 2216Nd utilizes dual neodymium magnets and two voice coils. To ensure the ultimate performance, even the use of special wire in the 2216 voice coils is a JBL patented application. Featuring a low thermal coefficient of resistance wire, this new JBL voice coil design allows the woofer parameters to remain more stable at high output levels. The result is lower power compression, which allows lower distortion at high system output. In addition, the 2216Nd’s cone, compliance and spider are engineered to allow greater excursion at the woofer’s lowest frequencies. In the M2 system, the 2216Nd produces impressive low frequency output down to 20 Hz.





## Image Control Waveguide

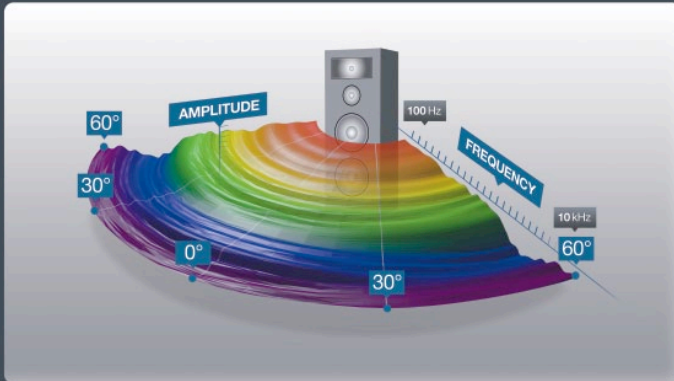
Impressive Imaging and Sound Stage   Exceptional High Frequency Detail  
Uniform Directivity for Smooth In-Room Response   Patent Pending Design

To support an imperceptible transition between the two drivers, and deliver exceptional imaging, JBL engineers pioneered a new patent-pending waveguide design that enables neutral frequency response, not just on-axis, but off-axis in the vertical and horizontal planes, all the way down to the M2's 800 Hz crossover point. The unique geometry of this waveguide allows the M2 to deliver remarkable high frequency detail, imaging, and natural balance at nearly any listening position in a broad range of acoustic environments. Since design of this complexity and level of detail is an iterative process, JBL performs Finite Element Analysis, creating virtual simulations of off-axis response, pattern control, and the blend of the high frequency driver and woofer. Because "close" is not good enough, JBL uses in-house rapid prototyping equipment to produce and evaluate physical samples until the design is perfected.



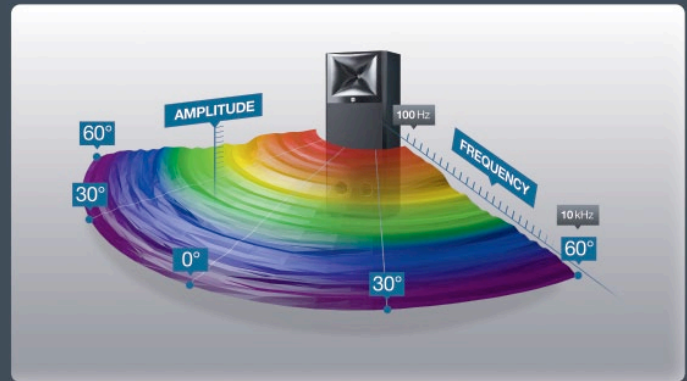
## Spectral Polar Response

Directivity anomalies, and resulting poor off-axis response can destroy accuracy and neutrality at the listening position and cannot be fixed using room EQ. The measurements below illustrate the M2's superior directivity.



### Conventional Music Production Speaker

The coverage of this speaker is erratic and not uniform at all frequencies. As a component of sound that reaches the mix position, the off-axis response negatively impacts the speaker's accuracy.



### JBL M2

The M2's response is exceptionally smooth and consistent across a wide listening window, providing neutral response, and natural balance, not just at the mix position, but virtually anywhere in the room.

## LSR Linear Spatial Reference Design

With an awareness that today's audio production is carried out in a wide range of acoustic environments, JBL engineers employ a set of measurements to predict how a loudspeaker will behave in actual room environments. While other manufacturers use a single on-axis frequency response measurement taken at one point in space, LSR Design Protocol requires 72 measurements that encompass all power radiated into the listening room, in every direction. This data reflects 1,296 times the information of a single on-axis response curve. The entire sound field heard by the listener is correlated and studied to optimize the speaker's response at the listening position. LSR Design Protocol exposes resonance, directivity anomalies and the cause of off-axis coloration. This allows intelligent system design that ensures a wide, accurate sweet-spot, and neutral timbre in a broad range of listening environments. The M2 is the ultimate expression of the LSR Design Protocol.



A laser interferometer can detect the source of resonance in a prototype enclosure

## M2 Enclosure

Small Footprint

Extended Bass Performance

Patented Low Frequency Port Design

Extended low frequency performance and high SPL can be the formula for unwanted resonance. The M2 enclosure is constructed of rigid 1" MDF and with the aid of JBL's interferometer, extensively braced for rock-solid stability at the system's full rated power. The enclosure incorporates a JBL patented Slipstream port design with internal flares that ensure low frequency efficiency while eliminating noise caused by port turbulence. Architecturally elegant, the M2 enclosure occupies a relatively small footprint, and can be transported to various working environments,



## System Integration



### Crown® I-Tech 5000HD

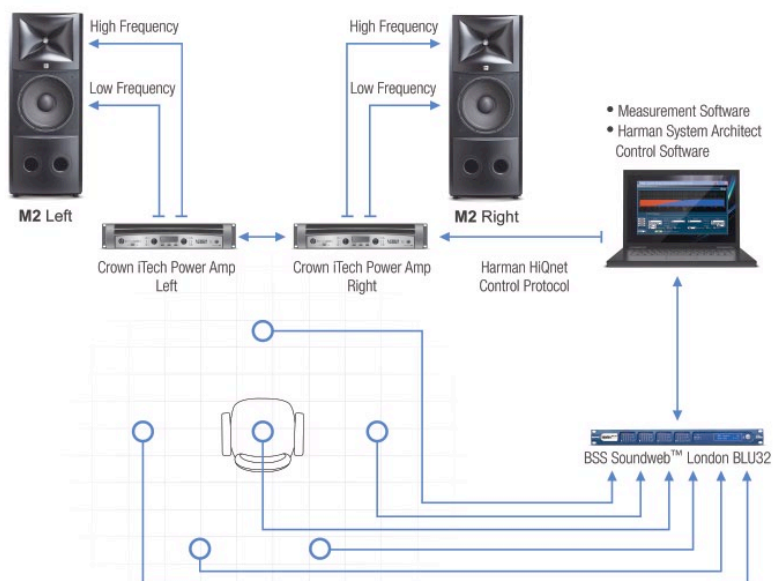
HARMAN Crown I-Tech power amplifiers complete the M2 system, providing greater than a kilowatt of clean power to the 2216Nd woofer, and more than enough power for the D2 driver. Working in concert with the M2's revolutionary Image Control waveguide, BSS® OMNIDRIVE HD™ digital signal processing in the Crown I-Tech allows the implementation of an ideal crossover, while providing the option for storage of EQ presets.



### BSS Soundweb™ London Processing

For large system configurations, BSS Soundweb London signal processors provide centralized processing of multiple M2 systems and are controlled using supplied London Architect software. When digital inputs and outputs are needed, the Soundweb London BLU-800 model can be outfitted with digital I/O cards and synchronized to external word clock sources. The use of BSS Soundweb processors, in combination with Crown Macro-Tech® power amps, provide a powerful, flexible, and cost effective system.

## Tuning and Room Integration



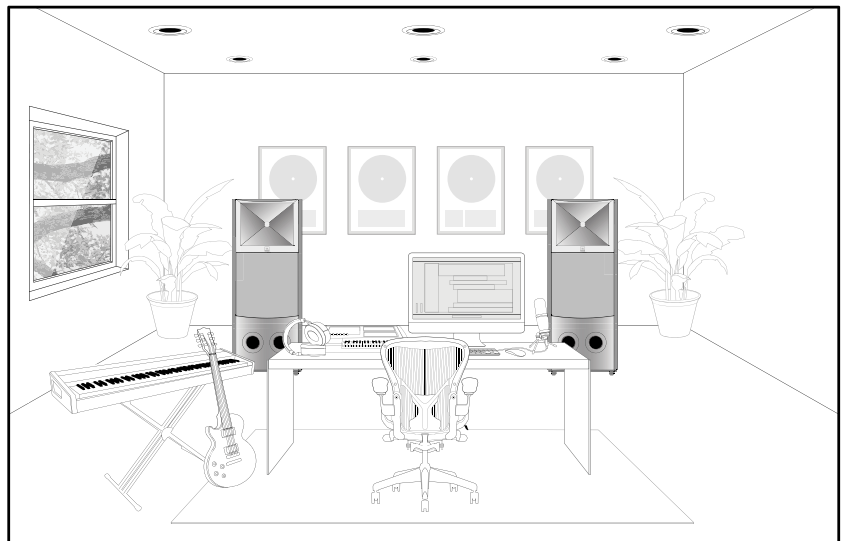
Room acoustics can play a big part in what you hear at the mix position, particularly in the room-dependent low frequency bands, where resonance caused by room modes can give a false impression of bass in the mix. While offering exceptional accuracy “out of the box,” the power of the M2 is fully realized with its intelligent in-room tuning and integration capabilities, ensuring optimum performance in your listening environment. Room optimization is achieved through the use of floating-point digital signal processing integrated into Crown iTech HD power amplifiers and BSS Soundweb London processors. HARMAN System Architect™ Software is included to provide external control of system EQ and tuning capabilities. Used in conjunction with external measurement hardware and software, the complete M2 tuning and room integration system addresses non-linearity in the room. This ensures a high degree of accuracy whether the monitors are freestanding, soffit-mounted, or placed adjacent to a wall.



# System Configurations

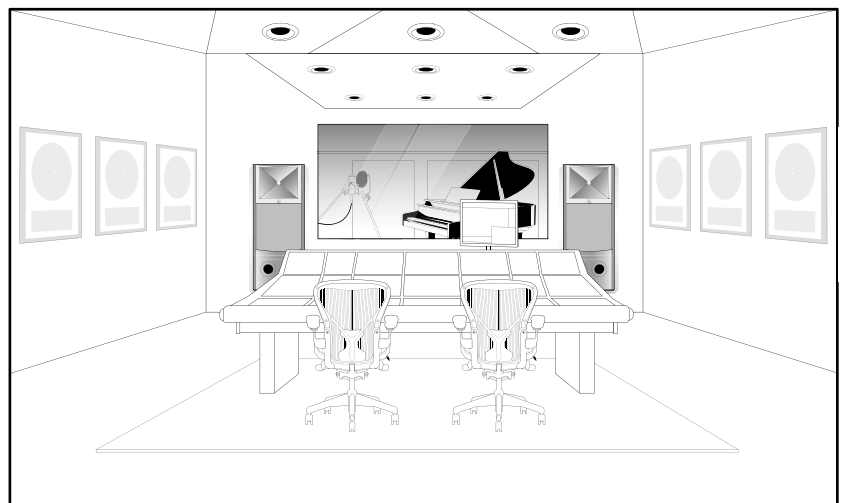
## Professional Project Studios

With a compact form factor, flexible placement options, tune-ability, and its integrated system approach, the M2 system eliminates the impediments that have prevented personal-use studios from having the dynamic range and accuracy of a large format monitor system. For the first time, the M2 system enables project studio owners to make the leap from small near-field monitors to a “big”, world-class monitoring experience.



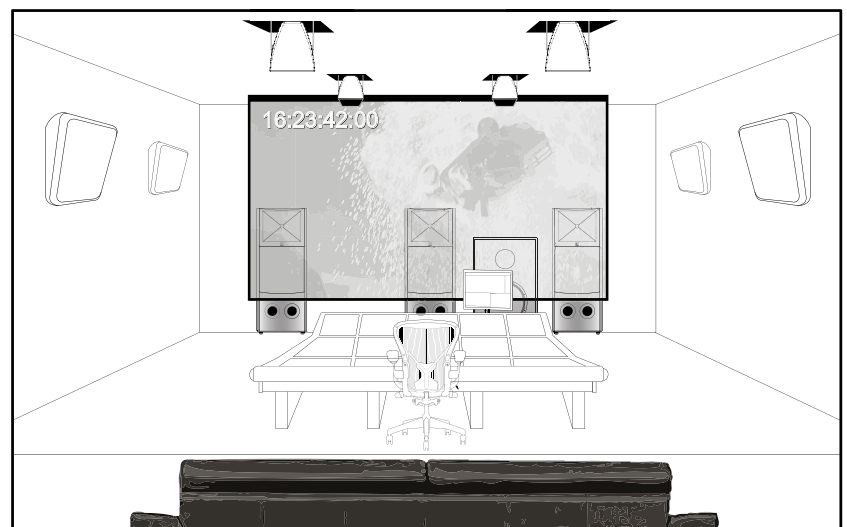
## Music Recording Control Rooms

Solid MDF enclosures, front porting and outboard electronics make the M2 soffit mount ready. Eliminating the requirement for outboard equalization, the Crown powered M2 system includes all the EQ needed for detailed room-tuning, and offers the ability to store multiple EQ curves to meet the needs of the application or client preference.



## Post Production Control Rooms

While the M2 provides exceptional dynamic range and the resolution needed for demanding remix applications, its compact foot-print allows placement behind the screen in smaller rooms. Used as screen channels, the M2 integrates perfectly into a system with JBL cinema surrounds, subwoofers and overhead surround speakers specified in burgeoning theatrical release formats. Select models in the BSS Soundweb London processor line can be fitted with digital inputs and externally synchronized to house word-clock for an all-digital signal path. Centralized management of EQ presets allow storage and easy recall of curves such as the X-Curve for specialized applications.



# Revolutionary Steps Require Unique Tools

Taking reference monitoring to the next level requires cutting edge science, highly advanced measurement tools and an extraordinary commitment to innovation and excellence. The development of the M2 is a product of that commitment and JBL's on-campus resources were fully engaged.

## Anechoic Chambers

Throughout development, JBL's anechoic chambers were used to verify system performance and tuning. Photographed in one of several anechoic chambers at JBL, a final prototype of the M2 undergoes 360 degree measurements used to predict in-room response.



JBL Professional Anechoic Chamber (above), & Facilities (below), Northridge, California USA



## Power Test Chamber

Like all JBL Professional products, the M2 design was subjected to the extreme JBL Power Test regimen in which a speaker is required to operate at full rated output for 100 hours continuously, without failure. This strenuous test ensures the speaker will provide years of reliable performance in the demanding professional production environment.

## Speaker Shuffler

Because the room can play a big part in what you hear, JBL's unique speaker shuffler allows critical evaluation and benchmarking of a speaker design. The shuffler swaps pairs of speakers in the space of 3 seconds, placing each pair in exactly the same position in the room, ensuring the most accurate comparative listening evaluation possible.

## Rapid Prototyping

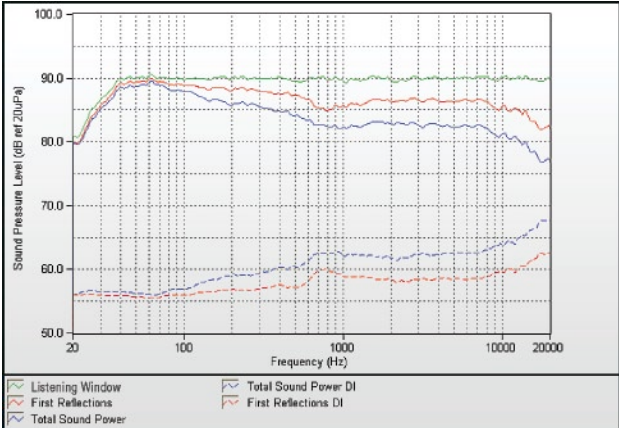
JBL Professional's sophisticated Rapid Prototype Machines play a key role in the perfection of a system design. Rapid production of acoustically correct mechanical components allows JBL engineers to verify and perfect the design over multiple iterations. The result is not only a shorter design cycle, but better analysis and refinement of the final design, ensuring the final component meets design objectives.



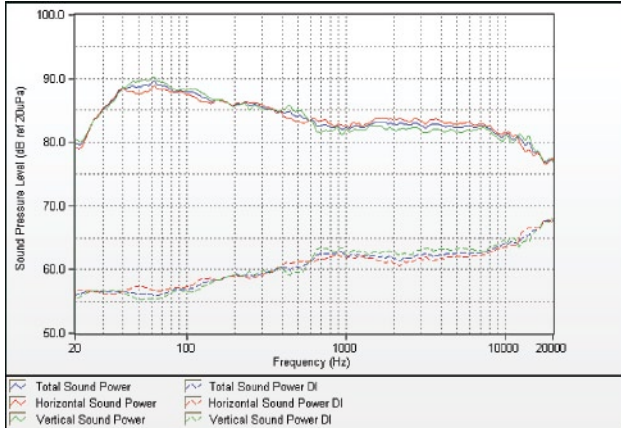
# Performance and Specifications

These detailed measurements of the M2 illustrate the system’s exceptional performance.

Frequency Response



Directivity

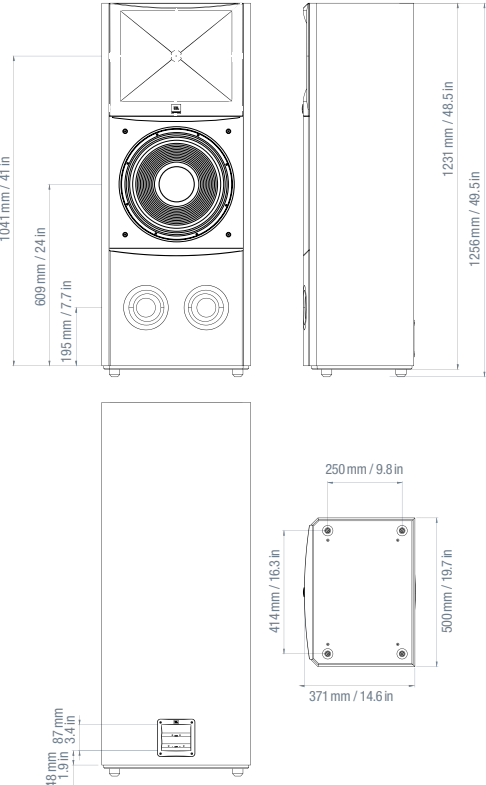


## Harman Green Edge Environmental Responsibility

Harman GreenEdge systems combine environmentally-friendly design and dramatic energy savings without compromising the excellent performance for which Harman products are known.

- Improved Acoustic Efficiency and Heat Dissipation
- Lower System Weight and Packaging
- Reduced Power Consumption and Amplifier Efficiency



SPECIFICATIONS		M2
	System Format:	2-Way Floor Standing or Soffit Mountable
	High Frequency Model:	D2430K Dual Diaphragm Dual Voice Coil Compression Driver
	Low Frequency Model:	2216Nd 15 in (381 mm) Differential Drive® Woofer
	Crossover Frequency:	800 Hz
	Frequency Range:	20 Hz - 40 kHz
	Image Control Wave Guide Dispersion:	120° H x 100° V
	Sensitivity 1W/1m SPL:	92 dB
	Continuous/Peak SPL@ 1m:	117 dB /123 dB; 108 dB Peak SPL @ 8m
	The System Requires:	One Crown® iTech 5000HD power amp for each speaker, or BSS® Soundweb London Processor with Crown Macro-Tech® MA-5000i
	Recommended Amplifier Power:	1,200 Watts into 8 ohms
Input Connectors:		Spring Terminals
Enclosure Construction:		25 mm (1 in) MDF
Finish:		Satin Black Lacquer
Included:		Removable ABS Grille with Black UL Compliant Fabric
Dimensions (W x H x D): Including removable feet		508 mm x 1256 mm x 355.6 mm (20 in x 49.5 in x 14 in)
Weight:		58.5 kg (129 lb)

System tuning requires external measurement hardware and software, not supplied as part of an M2 system.

### JBL Pro Patents

The JBL technologies used in the M2 Master Reference Monitor are protected under one or more of the following patents:

D2430 Dual Diaphragm, Dual Voice Coil Compression Driver 8280091	2216ND Differential Drive® Woofer 5664023, 5748760, 6768804, 6847726, 6774510	Image Control Waveguide Patent Pending	Bass Reflex Port 7890312
---	--	---	-----------------------------

# M2 MASTER REFERENCE MONITOR

[jblpro.com/M2](http://jblpro.com/M2)

Hear the truth.





## Features

### Innovation

- BSS OMNIDRIVEHD™ DSP processing with IIR filters and linear phase FIR filters
- Industry's first color touch screen LCD provides users with diagnostics and presets to ensure easy setup
- Covered by five patents
- Fan has true tachometer feedback for fan fault protection and precise control over thermal performance, so the amp runs longer and harder than the competition
- Includes SLM (Sweep Load Monitoring) with system-level diagnostics

### Performance

- Ultra smooth processing by onboard high-definition BSS OMNIDRIVEHD DSP with 24-bit, 192kHz Cirrus Logic SHARC A/D and D/A converters
- LevelMAX™ peak voltage and RMS power limiters communicate with each other, resulting in smooth and accurate response, better sound

- True Ethernet backbone—fast, reliable and scalable
- High common-mode rejection eliminates hum and RFI on input cables
- 6th-generation patented Class-I (BCA®) circuitry couples power efficiently to the load and provides low AC current draw

### Versatility

- Global Power Supply; universal AC input accepts 100-240VAC, 50/60Hz ( $\pm 15\%$ )
- Front-panel USB connector transfers presets to/from a USB drive to the amp's DSP
- New software interface based on customer feedback manages presets, provides easier system-level changes, and includes a configuration wizard
- The only product available with analog, AES/EBU, CobraNet®, HiQnet™ and Ethernet connectivity
- User-definable front panel security feature

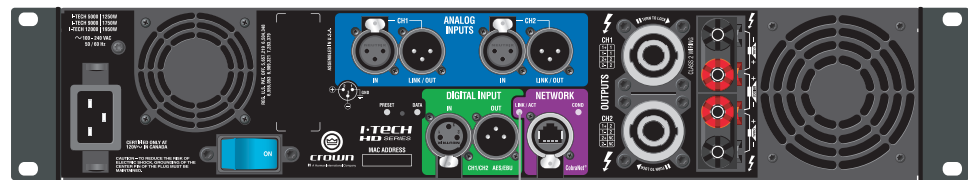
- The only four sound amplifier that provides inputs routable to any output (analog, AES, or CobraNet)

### Power

- Professional-grade connectors for all inputs and outputs
- Full power-supply voltage is always available, allowing instantaneous power on demand
- Quality-graded components let you safely drive the amplifier harder
- More total capacitance provides tremendous energy reserves for power bursts
- 200Vrms peak output voltage provides clean transient peaks



# I-Tech HD Series



I-Tech 5000HD, 9000HD, 12000HD

## Power Matrix

Model	Channels	2Ω Dual	2.7Ω Dual	4Ω Dual	8Ω Dual	4Ω Bridged	8Ω Bridged
5000	2	2000W	2800W	2500W	1250W	4000W	5000W
9000	2	2800W	4200W	3500W	1500W	5600W	7000W
12000	2	3750W	5400W	4500W	2100W	7500W	9000W

\*20Hz - 20kHz power refers to guaranteed minimum power in watts with 0.1% THD  
20Hz - 20kHz bench power (2 seconds, all channels driven)

Performance Specifications	I-Tech 5000HD	I-Tech 9000HD	I-Tech 12000HD
Sensitivity (at 8Ω rated output, adjustable in 0.1Vrms steps)	1.28Vrms to 8Vrms	1.28Vrms to 8Vrms	1.28Vrms to 8Vrms
Signal to Noise Ratio (below rated full-bandwidth power, A-Weighted)	>112dB	>112dB	>112dB
Total Harmonic Distortion (THD)	>0.1%	>0.1%	>0.1%
Intermodulation Distortion (60Hz and 7kHz at 4:1) from full rated output to -30dB	<0.2%	<0.2%	<0.2%
Frequency Response (at 1W, 20Hz - 20kHz)	±0.25dB	±0.25dB	±0.25dB
Crosstalk (below rated power 20Hz - 20kHz)	>80dB	>80dB	>80dB
Common Mode Rejection (20Hz to 1kHz)	>70dB typical	>70dB typical	>70dB typical

Physical Specifications			
Width	19 in. (48.3 cm)	19 in. (48.3 cm)	19 in. (48.3 cm)
Height	3.5 in. (8.9 cm)	3.5 in. (8.9 cm)	3.5 in. (8.9 cm)
Depth	16.2 in. (41.1 cm)	16.2 in. (41.1 cm)	16.2 in. (41.1 cm)
Net Weight	28 lbs (12.7 kg)	28 lbs (12.7 kg)	28 lbs (12.7 kg)
Shipping Weight	36 lbs (16.3 kg)	36 lbs (16.3 kg)	36 lbs (16.3 kg)

Specifications subject to change without prior notice. Latest information available at [www.crownaudio.com](http://www.crownaudio.com). Crown offers a five-year, no-fault, fully transferable warranty for the I-Tech HD Series - an unsurpassed industry standard. With this unprecedented no-fault protection, your new Crown amplifier is warranted to meet or exceed original specifications for the first five years of ownership. During this time, if your amplifier fails, or does not perform to original specifications, it will be repaired or replaced at our expense. In most cases, the only things not covered by this warranty are those losses normally covered by insurance and those caused by intentional abuse. Plus, the coverage is transferable, should you sell your amplifier. See your authorized Crown dealer for full warranty disclosure and details. For customers outside of the USA, please contact your authorized Crown distributors for warranty information or call 574-294-8200. © 2015 Crown Audio®, Inc.

# EVF-1152S/99

## Single 15" Two-Way 90° x 90° Full-Range Loudspeaker System



### Key Features:

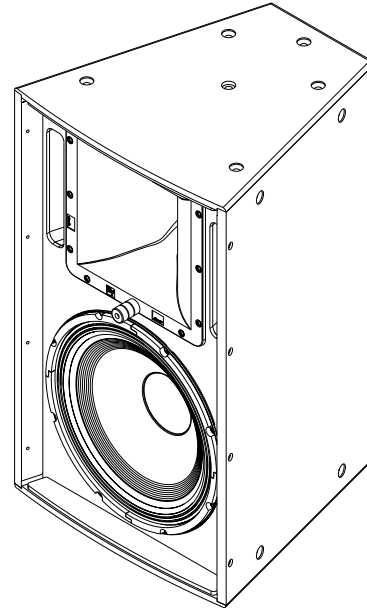
- ND2B 2" (51mm) Diaphragm, 1.4" (36mm) Exit Pure Titanium Compression Driver
- SMX2151 15" (381mm) LF Transducer with Fully Symmetric Drive
- Advanced 4<sup>th</sup> Order Crossover Network with HF Protection
- Coverage Pattern: 90° x 90° Constant Directivity™ 12" Rotatable Waveguide
- 101 dB Sensitivity, 134 dB Maximum SPL
- System Rating: 500W Continuous, (2000W Peak)
- Active Rating: LF400W/HF40W Continuous (1600W/160W Peak)
- (22) M10 Threaded Suspension Points
- PI Version Available with Gland Nut and Stainless Steel Grille

### General Description:

The Electro-Voice® EVF-1152S/99 is a high power, 2-way loudspeaker system that can be used in a variety of applications where high quality sound reinforcement is required in a compact, light-weight package.

The EVF-1152S/99 utilizes the ND2B, a high output 2" titanium compression driver, coupled to a Constant Directivity™ 90° x 90° waveguide. The SMX2151 15" woofer used FEA optimization for motor, suspension, and electrical design for very low distortion, high efficiency, and maximum intelligibility at high SPL levels. The crossover uses steep 24 dB/octave slopes with equalization for very smooth response in vocal range, linear off-axis response, and a protection circuit for long term reliability.

The EVF-1152S/99 features make it ideal for many fixed install applications. The trapezoidal enclosure is constructed out of weather resistant birch, and coated with EVCoat™ for maximum protection from the elements. The unique acoustic and rigging design allows for vertical and horizontal clusters to be built using any combination of loudspeakers from the entire EVF & EVH Series, with 7 horn patterns to choose from and an assortment of Low Frequency and subwoofer loudspeakers, it gives you the tools to maximize flexibility of system design, no matter what the application and budget. The innovative input panel provides choice of phoenix style connector (included in all standard models) or the ability to add; a dual NL4 type connector cover plate or gland nut cover plate (for weatherizing applications). An externally accessible jumper selects passive or active operation. An available 70.7/100 Volt transformer kit simply mounts to the input panel for use in distributed systems. All these features give you the flexibility to do a large range of venues with fewer items in inventory and quickly support your customer's requirements.



### Technical Specifications:

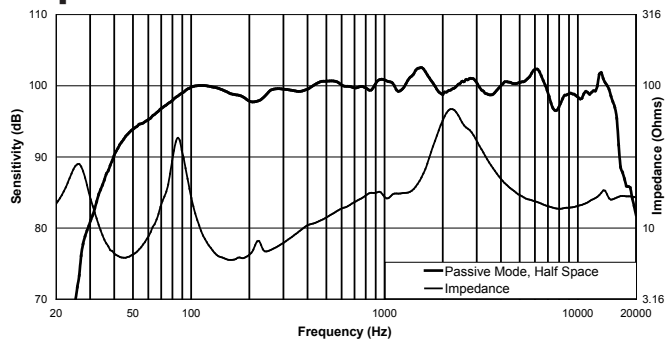
Freq. Response <sup>1</sup> (-3 dB):	70 Hz - 14 kHz	
Freq. Range <sup>1</sup> (-10 dB):	41 Hz - 18 kHz	
Rec. Hipass Frequency:	45 Hz	
Axial Sensitivity:	101 dB (1W/1m)	
Max. Calculated SPL:	134 dB	
Horizontal Coverage:	90°	
Vertical Coverage:	90°	
Power Handling:	500W Continuous, 2000W Peak	
LF Transducer:	SMX2151, 15 in (381mm) Driver	
HF Transducer:	ND2B, 2 in (51mm) Diaphragm Compression Driver	
Crossover Frequency:	1450 Hz	
Nominal Impedance:	8 Ohms	
Minimum Impedance:	6.0 Ohms	
Connectors:	(2) 4 Contact 10 AWG Phoenix/ EuroBlock Style Screw Terminal	PI Version - Gland Nut with Included Input Panel Cover
Enclosure Material:	13 Ply Weather Resistant Birch	
Grille:	16 GA Galvalume, Powder-coat, with Rotatable Logo	PI Version - Stainless Steel with Hydrophobic Cloth
Suspension:	(22) M10 Threaded Points	
Dimensions (H x W x D):	30.26" x 18.50" x 18.37" (768.6mm x 469.8mm x 466.6mm)	
Net Weight:	70.9 lb (32.1 kg)	
Shipping Weight:	81.2 lb (36.8 kg)	

<sup>1</sup> Half Space Measurement.

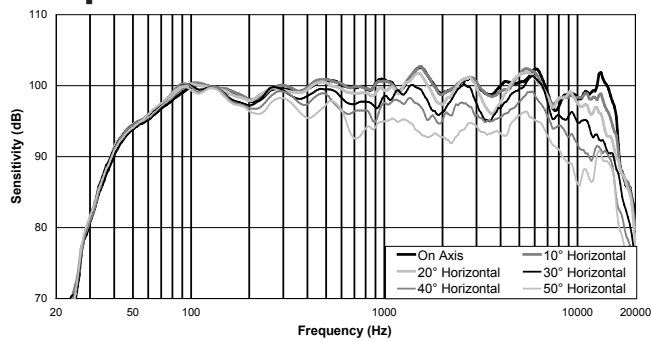


# EVF-1 152S/99 Loudspeaker System

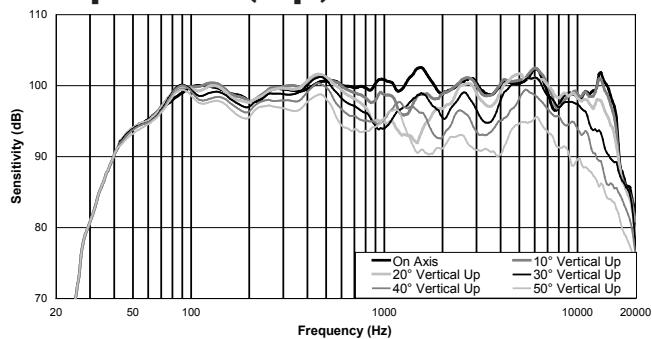
## Frequency Response & Impedance:



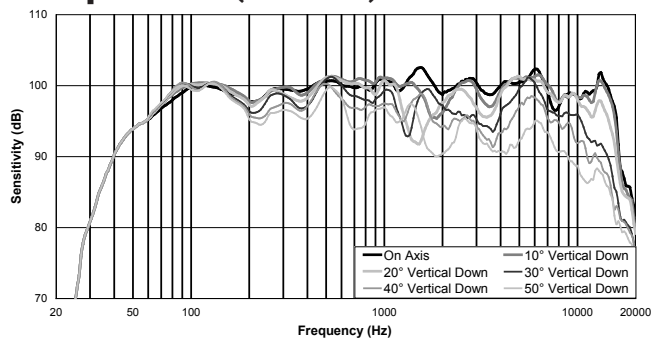
## Horizontal Off Axis Frequency Response:



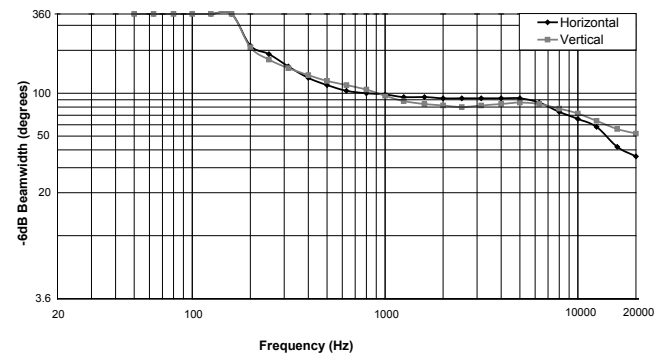
## Vertical Off Axis Frequency Response (Up):



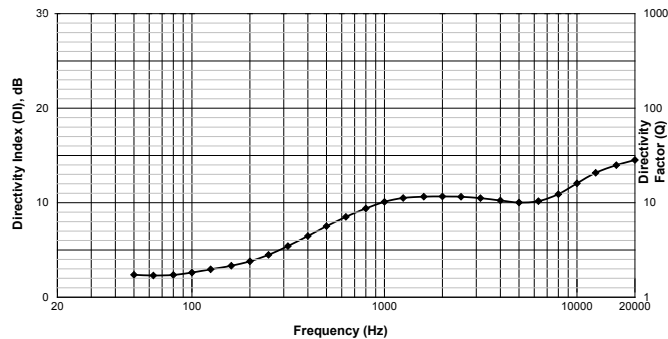
## Vertical Off Axis Frequency Response (Down):



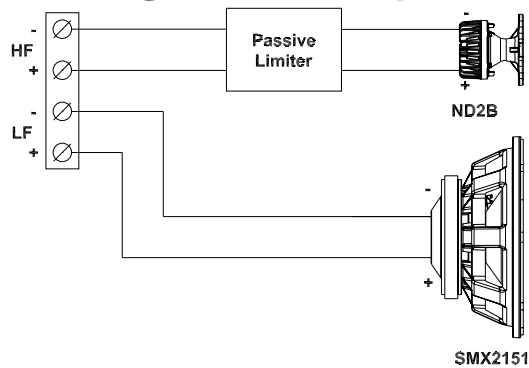
## Beamwidth:



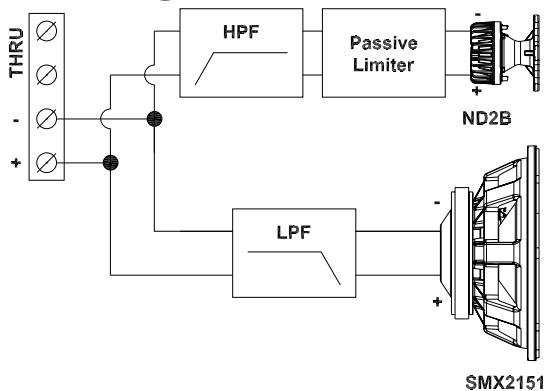
## Directivity:



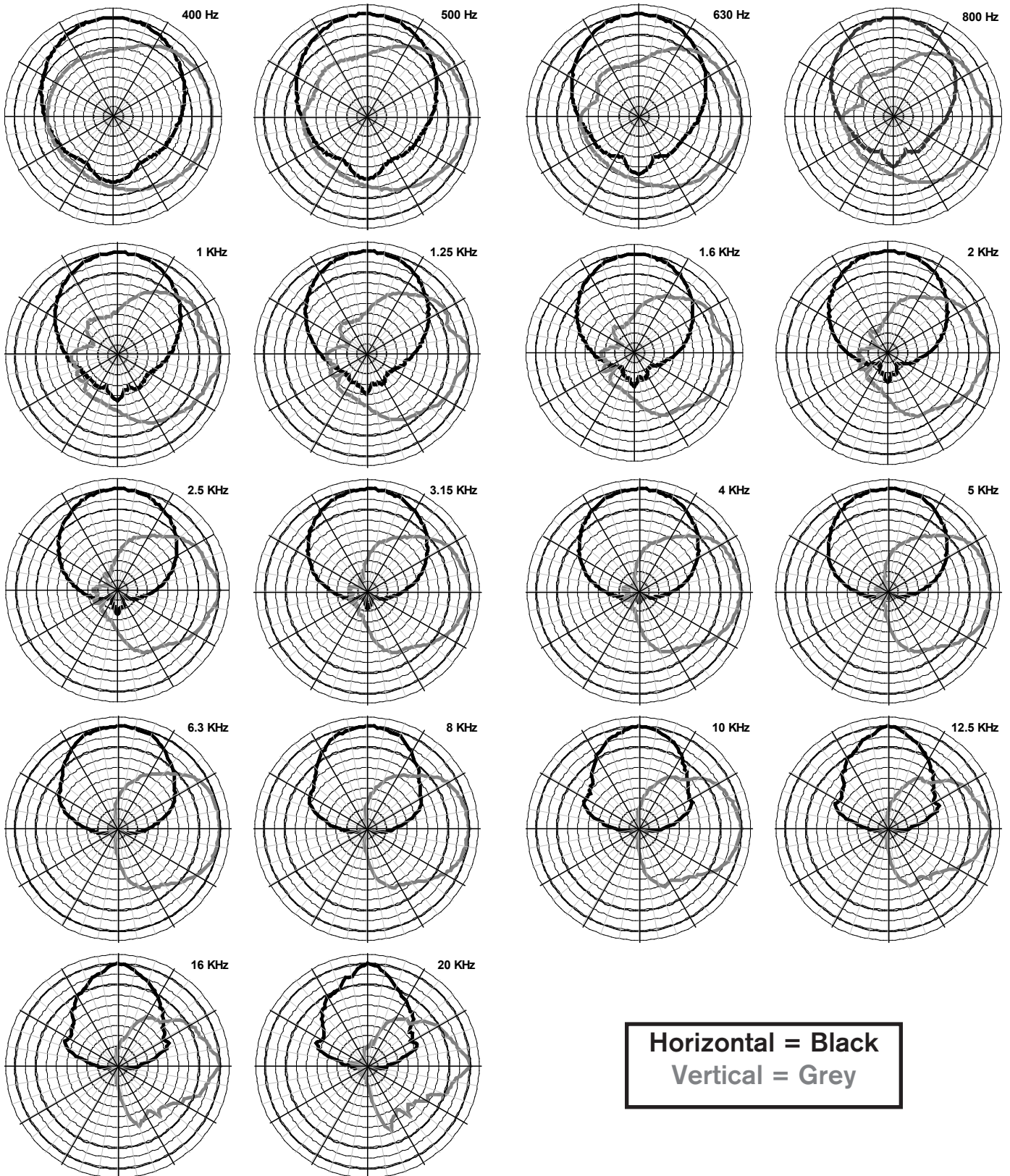
## Block Diagram (Biamp):



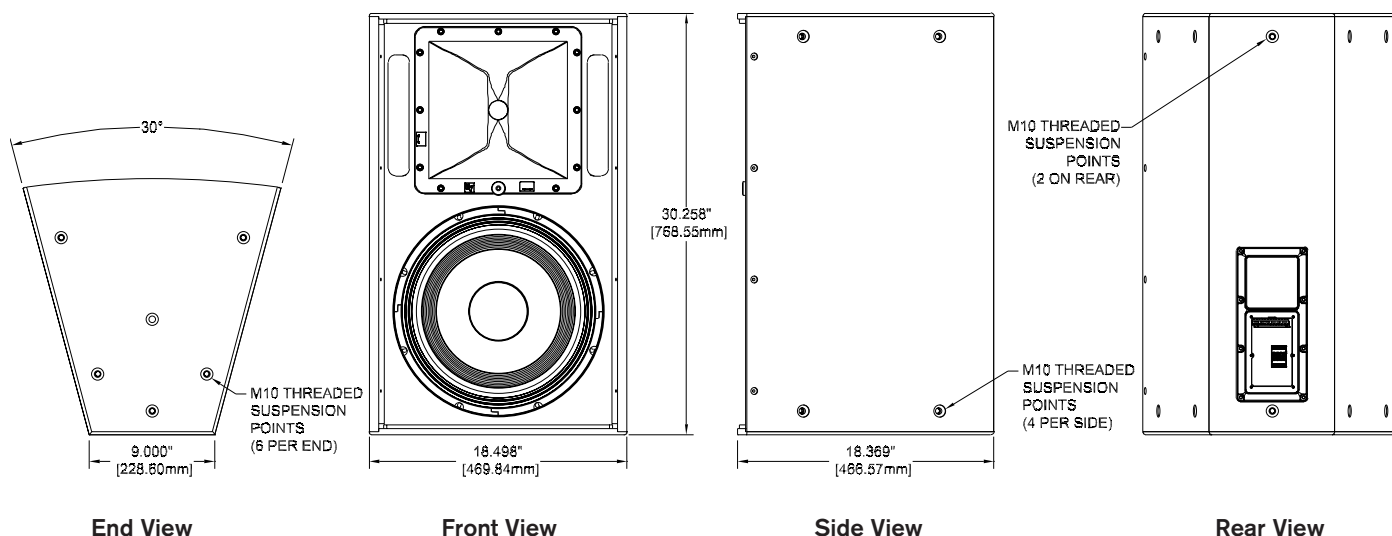
## Block Diagram (Passive):



## Polar Plots (1/3 Octave):



## Dimension Drawings:



### EVF-1152S/99 Product Descriptions

- EVF-1152S/99-BLK, 90° x 90°, Black Finish
- EVF-1152S/99-WHT, 90° x 90°, White Finish
- EVF-1152S/99-PIB, 90° x 90°, Black Finish, Weather Resistant
- EVF-1152S/99-PIW, 90° x 90°, White Finish, Weather Resistant
- EVF-1152S/99-FGB, 90° x 90°, Black Finish, Weather Resistant Fiberglass
- EVF-1152S/99-FGW, 90° x 90°, White Finish, Weather Resistant Fiberglass



### CAUTION

This EVF Loudspeaker should be suspended overhead only in accordance with the procedures and limitations specified in the *EVF/EVH Users Manual* and possible manual update notices. This system should be suspended with certified rigging hardware by an authorized rigging professional and in compliance with local, state, and federal overhead suspension ordinances.

### Performance Match

- EVF-1122S/64, 60° x 40° Coverage
- EVF-1122S/66, 60° x 60° Coverage
- EVF-1122S/94, 90° x 40° Coverage
- EVF-1122S/96, 90° x 60° Coverage
- EVF-1122S/99, 90° x 90° Coverage
- EVF-1122S/126, 120° x 60° Coverage
- EVF-1152S/43, 40° x 30° Coverage
- EVF-1152S/64, 60° x 40° Coverage
- EVF-1152S/66, 60° x 60° Coverage
- EVF-1152S/94, 90° x 40° Coverage
- EVF-1152S/96, 90° x 60° Coverage
- EVF-1121S, 12" Bass Element
- EVF-1151S, 15" Bass Element
- EVF-1181S, 18" Bass Element
- CPS2.9, 120V Power Amplifier, 2 x 900W
- CPS2.12, 120V Power Amplifier, 2 x 1200W
- CPS4.5, 120V Power Amplifier, 4 x 500W
- CPS4.10, 120V Power Amplifier, 4 x 1000W

### Accessories

- CDNL4, Cover Plate, Dual NL4
- CSG, Cover Plate, Single Gland Nut
- CDG, Cover Plate, Dual Gland Nut
- TK-150, 70V Transformer, 150W
- HRK-1B, Horiz. Rigging Kit, EVF, Black
- HRK-1W, Horiz. Rigging Kit, EVF, White
- HRK-2B, Horiz. Rigging Kit, EVF-SUB, Black
- HRK-2W, Horiz. Rigging Kit, EVF-SUB, White
- VRK-1B, Vert. Rigging Kit, EVF, Black
- VRK-1W, Vert. Rigging Kit, EVF, White
- VRK-2B, Vert. Rigging Kit, EVF-SUB, Black
- VRK-2W, Vert. Rigging Kit, EVF-SUB, White
- EVF-UB-BLK, U-Bracket Kit, EVF, Black
- EVF-UB-WHT, U-Bracket Kit, EVF, White

**Electro-Voice®**

12000 Portland Avenue South, Burnsville, MN 55337  
Phone: 952/884-4051, Fax: 952/884-0043

www.electrovoice.com

© Bosch Communications Systems 05/2011

Part Number F.01U.240.845 Rev 02

U.S.A. and Canada only. For customer orders, contact Customer Service at:  
800/392-3497 Fax: 800/955-6831

Europe, Africa, and Middle East only. For customer orders, contact Customer Service at:  
+ 49 9421-706 0 Fax: + 49 9421-706 265

Other International locations. For customer orders, Contact Customer Service at:  
+ 1 952 884-4051 Fax: + 1 952 887-9212

For warranty repair or service information, contact the Service Repair department at:  
800/685-2606

For technical assistance, contact Technical Support at: 866/78AUDIO

Specifications subject to change without notice.



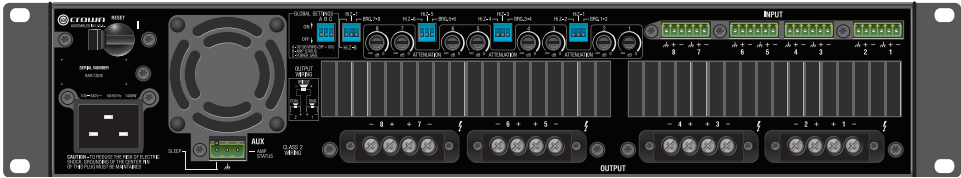


## Features

- Based on Crown's proprietary and patented DriveCore™ technology, these amplifiers are the next generation of PWM technology using cutting edge Class D amplifier topologies
- True Rack Density – power points of 300W or 600W in 2/4/8 channel configurations and 1250W in 2/4 channel configurations with bridgable outputs of 300-2500W, all in a 2U form factor
- Minimum Guaranteed Power Ratings – guaranteed to deliver at least the rated power in the specifications over a longer period of time than any other competing amplifier
- Direct Drive "constant voltage" capabilities on a channel by channel basis for 70Vrms or 100Vrms amplification without the use of a step up frequency limiting transformer for higher audio quality
- Powersave includes an auto-standby mode where after 30 minutes of no audio input, the amplifier powers down and consumes less than 1W; this feature can be enabled and disabled via the back panel DIP switches
- Advanced PFC universal power supply provides market-leading efficiency, and is designed to deliver maximum power no matter where the amplifier is located; universal AC input accepts 100 – 240VAC, 50/60Hz (±10%)
- AUX Port provides additional flexibility for amplifiers to be integrated in control systems for remote on/off and amplifier fault monitoring
- DriveCore includes five patents that are also included in Crown's flagship I-Tech 4x3500HD touring amplifier
- Revolutionary cooling system, focuses airflow on parts that need it most, maximizing efficiency while minimizing heat and noise

INSTALLS ANYWHERE. OUTPERFORMS EVERYTHING.

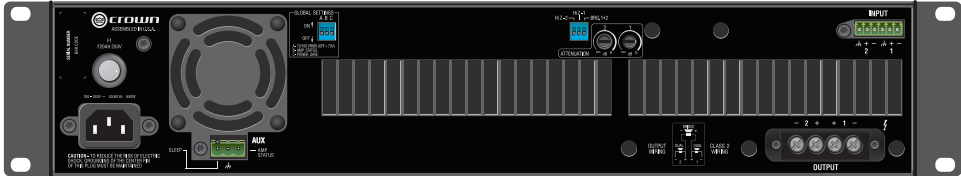
# DriveCore™ Install Analog Series



DCi 8|600 model shown



DCi 4|1250 model shown



DCi 2|1250 model shown

Performance Specifications	2 300	4 300	8 300	2 600	4 600	8 600	2 1250	4 1250
Frequency Response (8Ω, 20Hz - 20kHz)	±0.25dB							
Signal to Noise Ratio (A-weighted)	>108dB							
Total Harmonic Distortion (at full rated power, 20Hz - 20kHz)	0.35%							
Voltage Gain	34dB							
Damping Factor (20Hz to 100Hz)	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1000	>1500	>1500
Input Impedance (nominal balanced, unbalanced)	10kΩ, 5kΩ							
Maximum Input Level before Compression	+20dBu							
Maximum Input Level Before Clipping	+26dBu							
Load Impedance Stereo/Dual Mode	2Ω - 16Ω; 70Vrms and 100Vrms							
Load Impedance Bridge Mono	4Ω - 16Ω; 140Vrms and 200Vrms							
Cooling	Continuously variable speed forced air, front to back airflow							
Maximum Fan Noise (re dBA SPL @ 1M)	45	45	47	45	45	47	45	47
Required AC Mains (±10%)	100Vrms - 240Vrms ~50/60Hz							
IEC Power Connector	15A IEC	15A IEC	15A IEC	15A IEC	15A IEC	20A IEC	15A IEC	20A IEC

Physical Specifications	
Width	19 in. (48.3 cm)
Height	3.5 in. (8.9 cm)
Depth	14.25 in. (35.63 cm) DCi 8 600 & 4 1250: 17 in. (42.5 cm)
Weight	DCi 2 300 & 2 600: 18.8lbs (8.53kg); DCi 4 300 & 4 600: 20.1lbs (9.12kg); DCi 8 300 & 2 1250: 23.5lbs (10.66kg); DCi 8 600 & 4 1250: 30lbs (13.60kg)

## Power Matrix

Model	Channels	2Ω	4Ω	8Ω	70Vrms	100Vrms
2 300	2	150W	300W	300W	300W	300W
2 600	2	300W	600W	600W	600W	600W
4 300	4	150W	300W	300W	300W	300W
4 600	4	300W	600W	600W	600W	600W
8 300	8	150W	300W	300W	300W	300W
8 600	8	300W	600W	600W	600W	600W
2 1250	2	1250W	1250W	1250W	1250W	1250W
4 1250	4	1250W	1250W	1250W	1250W	1250W

Specifications subject to change without prior notice. Latest information available at [www.crownaudio.com](http://www.crownaudio.com). Crown offers a three-year, no-fault, fully transferable warranty for every new Crown amplifier – an unsurpassed industry standard. With this unprecedented no-fault protection, your new Crown amplifier is warranted to meet or exceed original specifications for the first three years of ownership. During this time, if your amplifier fails, or does not perform to original specifications, it will be repaired or replaced at our expense. In most cases, the only things not covered by this warranty are those losses normally covered by insurance and those caused by intentional abuse. Plus, the coverage is transferable, should you sell your amplifier. See your authorized Crown dealer for full warranty disclosure and details. For customers outside of the USA, please contact your authorized Crown distributors for warranty information or call 574-294-8200. © 2015 Crown Audio®, Inc.

# AVID S6

Mixing redefined



Experience the most intuitive, immersive mixing workflows for modern sound engineers. The revolutionary Avid® S6 modular control surface leverages the best of the industry-leading ICON and System 5 product families, providing superior ergonomics, intelligent studio control, and fully integrated Dolby Atmos® workflows. Get the deep level of Pro Tools® control and visual feedback only Avid can provide, the flexibility to control other popular DAWs and monitoring systems, and the performance you need to create and deliver the best sounding mixes possible—faster.

## REVOLUTIONARY MODULAR DESIGN

S6 is built to grow with you at every stage of your business—now and in the future. With a first-of-its-kind modular design, you can customize the surface with the modules you need to match your current workflow for the greatest cost efficiency, and scale the surface—horizontally and vertically—as your business grows. Configure your surface with different channel control combinations—from the number of faders and knobs, to displays and audio post mixing options—to meet your unique workflow needs.

## MIX SMARTER WITH SUPERIOR ERGONOMICS

S6 acts and feels like a physical extension of your software, providing a truly intuitive and immersive experience. Turn around projects faster with high-precision editing and mixing control at your fingertips. Quickly access and edit plugins, surround panning, and more with the multipoint touchscreen or optional joystick control. And see every detail of your mix with unprecedented visual feedback, including waveform scrolling at variable speeds, top-lit status knobs, and color OLED info screens.

## GET INTELLIGENT STUDIO CONTROL

Experience the deep DAW control that only Avid can deliver. Pair S6 with Pro Tools and you gain deep software integration, extended visual feedback, and unique features to accelerate your efficiency every step of the way. It also provides unparalleled integration with other EUCON™-enabled DAWs and monitoring systems, including Logic Pro, Nuendo, XMON™, Pro Tools | MTRX, and more. You can even mix audio from multiple DAWs simultaneously—all from the same surface.

## PROVEN AND TRUSTED TECHNOLOGY

S6 delivers incredible workflow acceleration, highly responsive handling, and versatile DAW flexibility—all built on proven technology, trusted by top audio professionals in the most demanding production environments. The result: you get the exceptional, dynamic performance you need to deliver your best sounding mix possible—on time, every time.

## KEY FEATURES

- Customize the surface with only the modules you need for great cost efficiency
- Scale the system from mid- to large-format to match your workflow, with room to grow
- Mix faster and easier with intelligently designed controls and an intuitive layout
- Access and manipulate multiple aspects of your mix through the master touchscreen
- See your mix in whole new ways with detailed visual feedback, variable-speed scrolling waveforms, and professional metering
- Get the deep, integrated Pro Tools mixing control only Avid can provide
- Extend your control to Logic Pro, Nuendo, Pro Tools | MTRX, XMON, and other EUCON-enabled DAWs and monitoring systems
- Control and mix multichannel Dolby Atmos, Ambisonics, and other immersive audio formats
- Experience highly responsive, precision control with high-speed EUCON connectivity
- Mix, match, and control channels from up to 8 DAWs simultaneously—side by side on the surface—even from across the facility
- Configure, scale, and reconfigure the surface easily through the Ethernet network
- Get quick access to channels and settings with VCA Spill and Plugin Expand mode
- Edit clips directly from the channel strips
- Save and recall up to 256 surface layouts instantly

FOR MORE INFORMATION, VISIT  
[avid.com/S6](https://avid.com/S6)





# AVID S6—Mixing redefined

## BUILD YOUR OWN SURFACE

S6 can be completely customized with up to 46 total modules—including faders, knobs, high-res displays, and other options—when using a single Master Touch Module (MTM). Or create a 3-operator system with three MTMs and design a surface with up to 138 total modules to handle the largest audio post sessions.



## MASTER MODULES—COMMAND CENTRAL

### MASTER TOUCH MODULE (MTM)

The Master Touch Module serves as the control surface engine, providing extensive touchscreen access and tactile control. It features a tilting 12.1-inch multipoint touchscreen, eight adjacent rotary encoders, and dedicated knobs and keys for monitoring and global control, enabling you to view, access, and edit different aspects of your mix—such as tracks, processing, and metering—without mousing through menus.

### MASTER AUTOMATION MODULE (MAM)

Navigate and automate mixes easily with this optional master module, (though you'll probably want one). It features a full transport control section (including a shuttle/jog wheel), focus fader, automation control, color shortcut displays and switches, a numeric keypad, and more for writing automation and navigating projects.

### S6 JOYSTICK MODULE

Add dual joysticks, panning controls, and other sound positioning switches to with this optional module to mix surround, Dolby Atmos, and other immersive audio projects.

### S6 POST MODULE

Add two rows of PEC/DIRECT paddles to S6, plus programmable soft keys and other switches, with this optional sound mixing/monitoring module to accelerate re-recording workflows.



# AVID S6—Mixing redefined

## CHANNEL MODULES—THE CONTROLS YOU WANT AND NEED

Channel modules provide the control and feedback elements you need—from faders and knobs, to processing and metering. All modules feature reliable, high-speed Ethernet connectivity for easy set-up. Mix and match modules in your own custom creation with these choices:



**S6 FADER MODULE**

- > Eight touch-sensitive, motorized faders
- > Dual tri-color LED meters per channel (with gain reduction metering)
- > Mute, solo, and other switches with color LEDs
- > Control levels for eight simultaneous tracks



**S6 KNOB MODULE**

- > 32 multicolor LED top-lit knobs (four per channel)
- > 32 OLED displays for labels and visual feedback
- > 11 function select switches per channel with color LEDs
- > Works in conjunction with the Process Module
- > Control up to 32 simultaneous encoder values; stack two Knob Modules to get up to nine knobs per channel



**S6 PROCESS MODULE**

- > Eight multicolor LED top-lit knobs (one per channel)
- > 22 function select switches per channel with color LEDs
- > Eight OLED displays for labels and visual feedback
- > Provides mode selectors for Knob Modules to control up to nine simultaneous encoder values



**S6 DISPLAY MODULE**

- > 8-channel high-resolution TFT display
- > Integrated single board computer
- > Provides deep visual feedback, including channel names, audio meters, routing, groups, DAW affiliation, scrolling Pro Tools waveforms, and more

## FRAME COMPONENTS—FOR DESK MIXING OR FREESTANDING

All modules need to be housed in a frame, whether you place S6 on a studio desk or give it a leg assembly to stand on. Depending on the number of modules you choose, your surface can range from mid- to large-format. There are a number of frame assembly items available, from a full leg assembly to create a freestanding surface, to different size frame buckets and blank panels.



## SURFACE OPTIONS—ERGONOMIC EXTRAS TO PERSONALIZE YOUR DESK

**BLANK PANEL**—Cover empty module spaces with a smooth surface

**DISPLAY VESA ARM**—Mount your DAW monitor on the surface with an adjustable arm

**PRODUCER'S DESK**—Integrate a keyboard and DAW display directly into your control surface

**SLIDING KEYBOARD TRAY**—Get hands-on with your computer keyboard wherever you're sitting

**SLIDING SCRIPT TRAY**—Hold pen, paper, and your personal devices within easy reach

**SPEAKER BRIDGE MOUNT**—Place speakers in an optimal position with the S6 frame



## SOFTWARE COMPATIBILITY

S6 works with the following EUCON-enabled audio, video, and monitoring software\*:

- |                                    |                                |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| > Avid Pro Tools                   | > Adobe Audition               | > Magix Samplitude             |
| > Avid Pro Tools   Ultimate        | > Adobe® Premiere® Pro         | > Magix Sequoia                |
| > Avid Media Composer              | > Apple Logic Pro              | > Merging Technologies Pyramix |
| > Avid Media Composer   Enterprise | > Digital Audio Denmark DADman | > Steinberg Cubase             |
| > Avid Media Composer   Ultimate   | > Harrison Mixbus              | > Steinberg Nuendo             |
| > Avid XMON EUCON                  | > MOTU Digital Performer       | > Trinnov Audio D-MON          |

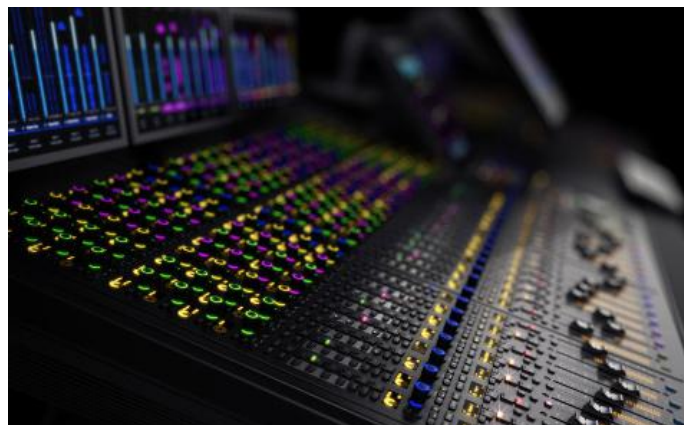
\* Please note that while these applications are EUCON-enabled, the extent of integration with Avid Pro Mixing control surfaces and supported software versions are at the sole direction of the respective manufacturer. For details, please contact the manufacturer.

# AVID S6—Mixing redefined

## WHAT'S INCLUDED

- S6 surface
- S6 frame and other accessories (as specified per your custom design)
- All necessary cabling
- One year of Avid Advantage ExpertPlus support\* with Hardware Coverage (includes 7x24 access, priority phone support, advance next-day hardware exchange, complimentary S6 software upgrades, and more to keep you up and running)

*\* After one year, you can renew your support plan for continued operational efficiency—and peace of mind.*



FOR MORE INFORMATION, VISIT  
[avid.com/S6](https://avid.com/S6)

© 2020 Avid Technology, Inc. All rights reserved. Promotions and discounts are subject to availability and change without notice. Product features, specifications, system requirements and availability are subject to change without notice. All prices are USMSRP for the U.S. and Canada only and are subject to change without notice. Avid, EUCON, Media Composer, Pro Tools, and XMON are either registered trademarks or trademarks of Avid Technology, Inc. or its subsidiaries in the United States and/or other countries. All other trademarks contained herein are the property of their respective owners. Adobe and Adobe Premiere Pro are either registered trademarks or trademarks of Adobe in the United States and/or other countries.

**AS4DS1020**

# REFERENCIAS

---

- [1] Zubiaur Carreño, F. J. (2008). Historia del cine y de otros medios audiovisuales (3a ed.). Eunsa.
- [2] Holman, Tomlinson, 5.1 Surround Sound: Up and Running, Focal Press, Boston Oxford (2000).
- [3] UIT-R, "Sistema de sonido estereofónico multicanal con y sin acompañamiento de imagen", Recomendación UIT-R BS.775-3 (08/2012).
- [4] UIT-R, "Multichannel sound technology in home and broadcasting applications", Recomendación UIT-R BS.2159-8 (07/2019).
- [5] Esteban Gómez Velásquez, Jose Fernando Varela Gómez y Juan Diego Correa Blair. Procesamiento de sonido de dos a 5.1 canales.
- [6] Dolby Laboratories. Home Theater Speaker Guide.
- [7] Dolby Laboratories. Dolby Atmos, Next-Generation Audio for Cinema.
- [8] van Munster, B.J.P.M (2003). Beyond control: acoustics of sound recording control rooms - past, present and future.
- [9] Philip Newell (2008). Recording Studio Design (2ª ed.). Focal Press.
- [10] EBU, "Listening conditions for the assessment of sound programme material: monophonic and two-channel stereophonic", EBU Tech.3276, 1998.
- [11] EBU, "Listening conditions for the assessment of sound programme material: multichannel sound", EBU Tech. 3276-E, Supplement 1, 2004.
- [12] Apuntes de INGENIERÍA ACÚSTICA, impartida en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla.
- [13] Möser, M., & Barros, J. L. (2009). Ingeniería acústica: teoría y aplicaciones (2a ed.). Springer.
- [14] Dolby Laboratories, 5.1-Channel Production Guidelines.
- [15] Dolby Laboratories. Studio Approval Requirements.
- [16] Bobby Owsinski (1999). The Mixing Engineer's Handbook. MixBooks.
- [17] <http://www.widescreenmuseum.com/sound/fantasound1.htm>
- [18] <https://professional.dolby.com>
- [19] <https://www.crownaudio.com/en>
- [20] <https://jblpro.com/en>
- [21] <https://www.avid.com/es/>

[22] <https://electrovoice.com/es/>

# ÍNDICE DE CONCEPTOS

---

<b><i>Foley:</i></b> Conjunto de efectos de sonido para una película grabados en estudio dada la imposibilidad de captarlos en la grabación de la escena.	1
<b><i>Headroom:</i></b> Diferencia entre el nivel nominal y el punto de saturación en un sistema de audio.	3
<b><i>Subwoofer:</i></b> Altavoz dedicado a reproducir las frecuencias graves.	3
<b><i>Campo difuso:</i></b> Aquel en el que el sonido se refleja con igual módulo y probabilidad en todas direcciones, teniendo una densidad media de energía uniforme en cualquier punto.	12
<b><i>Tiempo de reverberación:</i></b> Tiempo que toma el sonido hasta caer 60 dB por debajo de su valor inicial.	17
<b><i>Codificación perceptual:</i></b> Es aquella que, basándose en la psicoacústica, trata de alcanzar una compresión eficiente de la información teniendo como objetivo que el producto final se escuche lo más parecido posible al original (pese a que durante el proceso de codificación habrá pérdidas).	22
<b><i>Know-how:</i></b> Conjunto de conocimientos técnicos y administrativos en lo referente a la realización de un determinado trabajo.	26
<b><i>Plugin:</i></b> Aplicación añadida a un DAW con el fin de aumentar sus prestaciones.	27

# GLOSARIO

---

AES: Audio Engineering Society	3
ITU: International Telecommunications Union	3
EBU: European Broadcasting Union	3
MPEG: Moving Pictures Experts Group	3
SMPTE: Society of Motion Picture and Television Engineers	3
LFE: Low Frequency Effects/Enhancement	3
STFT: Short Time Fourier Transform	4
ISTFT: Inverse Short Time Fourier Transform	5
RMU: Rendering and Mastering Unit	7
ISO: International Organization for Standardization	9
LEDE: Live End Dead End	11
RFZ: Reflection Free Zone	11
TR: Tiempo de Reverberación	17
UNE: Una Norma Española	20
SPL: Sound Pressure Level	21
DME: Dolby Media Encoder	27
DRP: Dolby Reference Player	27
DAW: Digital Audio Workstation	27
ICT: Infraestructura Común de Telecomunicaciones	43